



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

TEMA

**MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL EFLUENTE INTERNO DE LA
UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ MEDIANTE EL
SISTEMA DE FITORREMEDIACIÓN**

AUTOR

HERNÁN JOSUÉ JURADO RIVADENEIRA

DIRECTOR DE TESIS

ING. CHURCHILL AVEIGA MG.SC.

MANTA- MANABÍ- ECUADOR

2016

Derecho de autoría

Yo, Hernán Josué Jurado Rivadeneira, declaro que el presente tema de investigación de las ideas, opiniones, análisis, síntesis, conclusiones, recomendación y resultados expuestos en el trabajo de investigación de tesis, son de exclusivamente mi responsabilidad como autor.

Hernán Josué Jurado Rivadeneira

Autor

Certificación

Como Director de la Tesis **“Manejo de las aguas residuales del efluente interno de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí mediante el sistema de Fitorremediación”**

Certifico: Haber orientado y supervisado el trabajo de investigación ,el mismo que es producto de dedicación y perseverancia del autor, y dejo en constancia que reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometidos a la evaluación del Jurado Examinador del Consejo de la Facultad Ciencias Agropecuarias designen.

Ing. Churchill Aveiga M.G.A
Director de tesis

**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ, Facultad de Ciencias
Agropecuarias carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Ambiente.**

Los Honorables miembros del tribunal Examinador aprueban el
informe de investigación sobre el tema:

**“Manejo de las agua residuales del efluente interno de la Universidad
Laica Eloy Alfaro de Manabí mediante el sistema de Fitorremediación”**

Firma

Ing. Jimmy Javier Cevallos Zambrano

.....

Ing. Juan Carlos Palacios Peñafiel

.....

Ing. Francisco Horley Cañarte García

.....

Agradecimiento

Un agradecimiento a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, por darme la oportunidad de crecer como persona agrandando mis conocimientos en la parte ambiental tratando de crear un mejoramiento en las aguas residuales que genera la población.

A mi director de tesis Ingeniero Churchill Aveiga, por su guía, consejos técnicos en desarrollo del trabajo de investigación que permitieron considerar criterios muy importantes en el presente tema, al Ingeniero Nelson Motato por brindarme su confianza y apoyo estando siempre atento a cualquier duda que mi persona tuviera ,por su guía ,consejos y enseñanzas en la parte estadística de mi tesis, al Ing. Jimmy Cevallos por sus consejos y enseñanzas durante mi experimento y al Ing. Juan Carlos Palacios por su apoyo y consejos técnicos y al Ing. Horley Cañarte por sus consejos académicos, guía y enseñanzas.

A mis padres, Dios y la Virgen Santa Bárbara por su apoyo incondicional en todo momento que me ayudaron tener fuerza, fe y perseverancia para seguir adelante en mis objetivos profesionales y no rendirme, a mis amigos más allegados por colaborarme en mi proyecto de tesis.

Hernán Josué Jurado Rivadeneira

Dedicatoria

A Dios y la Virgen Santa Bárbara por iluminarme en mi camino durante mi vida Universitaria llenándome de Sabiduría e inteligencia ayudándome a levantar en los momentos más difíciles de mi vida sabiendo que la derrota no era el camino a seguir.

A mi madre por ser la persona que me dio la vida y con su apoyo de fe hacia mi llenándome de valor y valentía para seguir adelante a mi padre por sus inagotables consejos que a diario me daba para guiar mi camino hoy se lo agradezco porque gracias a él seré un futuro ingeniero siendo alguien útil para la sociedad. GRACIAS PADRES

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo incondicional así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Hernán Josué Jurado Rivadeneira

Índice General

Contenido	Páginas
Derecho de autoría	i
Certificación	ii
Agradecimiento	iv
Dedicatoria	v
CAPITULO I	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipotesis	4
CAPITULO II	5
2. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Generalidades: ¿Qué es el agua?	5
2.2 Calidad del agua.....	6
2.3 Descripción de los parámetros de calidad.....	6
2.3.1 Propiedades moleculares del agua	6
2.3.2 Propiedades Físicas	7
2.3.3 Propiedades Químicas	8
2.4 Tipología de los usos del agua.....	10
2.4.1 Usos consuntivos.....	10
2.4.2 Usos no consuntivos	10
2.5 Educación ambiental	10
2.6 Declaración de río sobre el medio ambiente y el desarrollo	11
2.7 Legislación ambiental ecuatoriana para la disposición de efluentes	11

2.8	Contaminación de aguas.....	14
2.9	Demanda química de oxígeno (DQO).....	15
2.10	Demanda biológica de oxígeno (DBO).....	15
2.11	Alcalinidad total.....	15
2.12	pH.....	16
2.13	Cloruros.....	16
2.14	Conductividad eléctrica.....	16
2.15	Sólidos totales.....	17
2.16	Tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas.....	17
2.16.1	Lagunas de Oxidación.....	17
2.16.2	Recuperación de las aguas residuales.....	18
2.17	Fitorremediación.....	19
2.17.1	Fitoextracción.....	21
2.17.2	Fitoestabilización.....	21
2.17.3	Fitoinmovilización.....	21
2.17.4	Fitovolatilización.....	21
2.17.5	Fitodegradación.....	21
2.17.6	Rizofiltración.....	21
2.18	Los humedales.....	21
2.19	Los humedales presentan limitaciones como las que se indican.....	22
2.19.1	Concepto de humedal artificial.....	22
2.19.2	Descripción de un humedal artificial FS.....	23
2.19.3	Consideraciones de diseño y construcción de un humedal FS.....	24
2.20	Características de las especies vegetales acuáticas utilizadas en humedales.....	25
2.21	Clasificación de las especies vegetales acuáticas.....	25
2.21.1	Flotantes.....	25
2.21.2	Sumergidas.....	25
2.21.3	Emergentes.....	26
2.22	Lechuguín de agua (Eichhornia Crassipes).....	27
2.22.1	Taxonomía científica.....	27
2.22.2	Descripción.....	27

2.22.3	Reproducción	28
2.22.4	Desarrollo	28
2.22.5	Desventajas o problemas	28
2.22.6	Características	29
2.22.7	Accidentes, plagas o enfermedades	29
2.23	Bambú ornamental (<i>Dracaena Sanderiana</i>)	29
2.23.1	Taxonomía científica	29
2.23.2	Descripción	29
2.23.3	Reproducción	30
2.23.4	Desarrollo	30
2.23.5	Características	30
2.23.6	Accidentes, plagas o enfermedades	30
2.24	Depuración biológica por fangos activos.....	31
2.24.1	Factores que influyen en la oxidación biológica.....	32
2.25	Fitotoxicidad	32
CAPITULO III.....		33
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....		33
3.1	Ubicación	33
3.2	Características climáticas y edafológicas.....	33
3.3	Tratamientos.....	34
	-Lechuguin de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	34
	-Bambú Ornamental (<i>Dracaena sanderiana</i>).....	34
	-Lodos Activados	34
3.4	Procedimientos.....	34
3.4.1	Características unidades experimentales.....	34
3.4.2	Diseño experimental	35
3.5	Datos a tomar y metodología de evaluación	35
3.5.1	Toma de muestras de agua.....	35
3.5.2	Parámetros evaluados	36
3.6	Manejo del experimento	36
3.6.1	Toma de muestras de agua: al inicio y en el tiempo	36

3.6.2	Selección del área	37
3.6.3	Establecimientos de los tratamientos	37
3.6.4	Preparación de las muestras de agua previo al análisis	38
3.6.5	Prueba de fitotoxicidad.....	38
CAPITULO IV		39
4. RESULTADOS.....		39
4.1	Análisis físico – químico inicial del agua del efluente interno de la ULEAM	39
4.2	Efecto de los tratamientos en los análisis físicos y químico de las aguas del efluente de la ULEAM	39
4.3	Análisis combinado de los resultados de los análisis físicos y químicos logrados en las semanas de estudio	42
4.4	Remoción de Contaminantes	44
4.5	Resultados de la prueba de fitotoxicidad	46
CAPITULO V		51
5. DISCUSION		51
CAPITULO VI.....		54
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		54
6.1	Conclusiones	54
6.2	Recomendaciones.....	55
RESUMEN.....		56
SUMMARY		57
CAPITULO VII		58
BIBLIOGRAFÍA.....		58
ANEXOS		66

Índice de Tablas

Detalle	Páginas
Tabla 1 Características físicas, químicas y biológicas de calidad de aguas y sus fuentes.....	9
Tabla 2 Límites de descarga a un cuerpo de agua marina libro VI del TULSMA (2008)	12
Tabla 3 Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público	13
Tabla 4 Criterios de diseño para humedal artificial de flujo superficial	24
Tabla 5 Funciones de las especies vegetales acuáticas	26
Tabla 6 Nivel de toxicidad de un abono orgánico de acuerdo al porcentaje de germinación	32
Tabla 7 Esquema del análisis estadístico	35
Tabla 8 Esquema del análisis combinado	35
Tabla 9 Análisis físicos y químicos del agua del efluente de la ULEAM, al inicio del estudio	39
Tabla 10 Valores promedios de los análisis químicos y físicos del efluente de la ULEAM a la primera semana del experimento	40
Tabla 11 Valores promedios de los análisis químico y físico del efluente de la ULEAM a la segunda semana del experimento	41
Tabla 12 Valores promedios de los análisis químicos y físicos del efluente de la ULEAM a la tercera semana del experimento	42
Tabla 13 Porcentaje de remoción de contaminantes por efectos de los tratamientos	45
Tabla 14 Resultados de la prueba de fitotoxicidad.....	46

Índice de Gráficos

Detalle	Páginas
Gráfico 4-1 Representación de los parámetros DBO y DQO de según el análisis combinado de los datos del experimento	50
Gráfico 4-2 Representación de los parámetros de Cloruros y Alcalinidad según el análisis combinado de los datos del experimento	47
Gráfico 4-3 Representación de los parámetros de pH y Solidos Totales según el análisis combinado de los datos del experimento	49
Gráfico 4-4 Representación de los parámetros de Salinidad y Conductividad eléctrica según el análisis combinado de los datos del experimento.....	48
Gráfico 6-1 Unidades Experimentales con su respectivo plástico para evitar la filtración del agua residual.	67
Gráfico 6-2 Obtención de la especie de Bambú Ornamental <i>Dracaena Sanderiana</i> en el mercado de Tarqui de la Ciudad de Manta.	67
Gráfico 6-3 Descarga del efluente interno de la ULEAM.....	67
Gráfico 6-4 Recolección de la especie Lechugin <i>Eichhornia Crassipes</i> en el cantón Rocafuerte.	67
Gráfico 6-5 Caracterización del efluente inicial.	68
Gráfico 6-6 Unidades Experimentales con su respectivo tratamiento.	68
Gráfico 6-7 Obtención de los lodos del efluente en la ULEAM.....	68
Gráfico 6-8 Colocación del agua residual inicial en las Unidades Experimentales	68
Gráfico 6-9 Muestras finales del tratamiento con la especie de Lechugin <i>Eichhornia Crassipes</i>	69
Gráfico 6-10 Recolección de las Muestras en el tratamiento del Lechugin <i>Eichhornia Crassipes</i>	69

Gráfico 6-11 Materiales como la bomba de aire y Erlenmeyer para la activación de los lodos.	69
Gráfico 6-12 Muestras finales del tratamiento con la especie de Bambú Ornamental <i>Dracaena Sanderiana</i>	69
Gráfico 6-13 Muestra final del tratamiento final con Lodos Activados.	70
Gráfico 6-14 Análisis del parámetro DBO en el Laboratorio de la Facultad.....	70
Gráfico 6-15 Análisis de las muestras en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.	70
Gráfico 6-16 Prueba de Fitotoxicidad 50 vasos para cada tratamiento 2 semillas por cada vaso con un mismo sustrato.....	70

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 Antecedentes

En las últimas décadas del siglo XX surgieron tecnologías basadas en el empleo de organismos vivos para descontaminar suelos o emplazamientos contaminados y recuperar los ecosistemas afectados. Cuando estas se basan en el uso de plantas, reciben el nombre de Fitorremediación (en español se usan indistintamente también: fitorrecuperación, fitocorrección, fitorrestauración o fitorrehabilitación). Y define como el uso de plantas verdes para eliminar los contaminantes del entorno o para reducir su peligrosidad (Salt et al, 1998).

Según la FAO (2003), las problemáticas ambientales, entre las que se destaca la contaminación del recurso hídrico, generada por la descarga de las aguas residuales no tratadas, provenientes de los alcantarillados municipales y de sistemas productivos agropecuarios se han intensificado durante la última década, debido a la concentración de la población en zonas urbanas y rurales, ha aumentado la presión de las ciudades sobre los recursos naturales, la dotación de vivienda y la prestación de servicios públicos (agua, saneamiento básico, energía, etc.).

La contaminación de los suelos, sedimentos y aguas son problemas ambientales graves de nuestra sociedad y es una consecuencia de la intensa actividad industrial y el desarrollo agrario de las pasadas décadas. La liberación de gran números de compuestos químicos, en ocasiones en concentraciones elevadas, ha originado su progresiva acumulación en la atmósfera, aguas

superficiales y subterráneas y en sistemas de difícil recuperación como son los suelos (Becerril, 2002).

Berrecil (2002) también señala que las únicas tecnologías para la descontaminación de los suelos estaban basadas en técnicas fisicoquímicas de aplicabilidad limitada, costosas y que modifican los ecosistemas de forma irreparable. Recientemente han aparecido técnicas que utilizan plantas y microorganismos para degradar, extraer o inmovilizar los contaminantes de suelo o aguas.

1.2 Planteamiento del problema

Las aguas residuales de la ULEAM son vertidas de manera descontrolada hacia la micro cuenca ubicada en la parte centro-norte del campus universitario generando algunos problemas para la salud (respiratoria, estomacal entre otros) de los seres vivos que suelen tener contacto más directo con el efluente.

La contaminación que existe afecta principalmente a la flora y fauna que se encuentra desde que inicia la descarga hasta que desemboca en el mar, el recorrido del efluente va generando problemas al modificar la calidad del suelo por medio de la infiltración destruyendo así toda la vida posiblemente afecte a los microorganismos del lugar.

La calidad de vida tanto de la flora y fauna del lugar se ve afectada ya que todos los seres vivos necesitan agua pura para vivir y algunas ocasiones los animales la beben generando problemas severos con el pasar del tiempo; además el efluente no cumple con los límites permisibles de los parámetros más importantes según la investigación que se realizó en una tesis de Maestría que se basó en la activación de lodos (Alcívar, 2015).

Por otra parte el aspecto del sector donde se encuentra la micro cuenca afecta la composición paisajística de la ULEAM, sobre el cuidado del ambiente generando una contaminación visual a las personas que pasan a diario y la inevitable llegada de los malos olores que se generan.

1.3 Justificación

Implementar un proyecto de Fitorremediación para la zona afectada de la Micro cuenca, será de gran ejemplo para la Universidad, ya que la Facultad de Ciencias Agropecuaria expondrá los resultados de trabajos investigativos por parte de la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Ambiente que ayudaran a mitigar la mayoría de los impactos negativos que se generan.

Las tecnologías convencionales suelen ser costosas y pueden afectar de manera irreversible las propiedades del suelo, agua y de los seres vivos que en ellos habitan a diferencia de la Fitorremediación que es una alternativa sustentable y de bajo costo para la rehabilitación de los ambientes afectados por contaminantes naturales y antropogénicos.

Todo tipo de tratamiento que se dé a una descarga de agua residual es con un fin, que es bajar los niveles de los parámetros y darle un segundo uso que en este caso es la reutilización del agua residual para la jardinería basándonos en el anexo 1 de aguas del libro 6 del TULSMA, evitando así que se vierta más agua residual al mar y previniendo todos los problemas que esta genera a la flora y fauna del lugar.

Actualmente se requieren tecnologías efectivas, ambientalmente amigables y que pueden aplicarse a gran escala, tal es el caso de la Fitorremediación, en el cuál las plantas adsorben, metabolizan, acumulan, estabilizan y volatilizan contaminantes orgánicos e inorgánicos; asociada a las complejas interacciones

que se establecen con la rizósfera, así como la regeneración de plantas, confieren a esta tecnología importantes ventajas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Proponer un eficiente sistema de Fitorremediación para el manejo de las aguas residuales en el efluente interno de la ULEAM.

1.4.2 Objetivos específicos

1) Determinar los niveles iniciales de los parámetros de calidad de agua del efluente interno de la ULEAM.

Caracterizar física y químicamente el agua del efluente interno de la ULEAM, influenciado por los tratamientos en estudio.

Determinar la fitotoxicidad de las aguas residuales de la ULEAM.

1.5 Hipotesis

“La aplicación de un sistema de Fitorremediación en las aguas residuales del efluente interno de la ULEAM, mitigará los niveles altos de contaminación.”

CAPITULO II

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades: ¿Qué es el agua?

La organización Mundial de Salud (OMS) afirma que dos millones de personas sufren de enfermedades diarreicas. Tales de Mileto (640-546 a.C.) primer filósofo griego y primer hombre de ciencia, sostenía que la Tierra era un disco corrugado que flotaba sobre el agua dentro de un hemisferio tachonado de estrellas; este hemisferio, a su vez, descansaba sobre la extensión ilimitada de agua. Tales creían, además, que el agua era la sustancia original del universo de la cual todo había surgido y a la cual todo debía retornar en última instancia (Kenneth & Day, 1964).

El agua es el único mineral abundante que es líquido a la temperatura ambiente que reina sobre la mayor parte de la superficie de la tierra. En todos sus estados (líquida, sólida y gaseosa) está presente en el mar, ríos, lagos y lagunas, bajo la tierra, en glaciares en plantas y animales. El agua es un recurso renovable. Los compuestos orgánicos de carbono, se pueden considerar repartidos en tres compartimentos: a) materia viva en partículas; b) materia muerta en partículas; c) materia muerta disuelta (Margalef, 1984).

La Organización de Naciones Unidas escogió el año 2008 como el Año Internacional del Saneamiento del Agua, desde 1993 se conmemora el Día Internacional del Agua (García, 2002). La paradoja de los recursos de agua del mundo es que, aunque se encuentra con abundancia en casi su totalidad, el hombre no ha logrado hasta la actualidad, el punto suficiente de desarrollo

tecnológico y social, bien para vivir donde se encuentra el agua como para llevar el agua con facilidad a las zonas donde se vive (Chanlett, 1976).

2.2 Calidad del agua

"Un índice de calidad de agua, consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como una medida de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color". "Su ventaja radica, en que la información puede ser más fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos. Consecuentemente, un índice de calidad de agua es una herramienta comunicativa para transmitir información".

El agua apta para uso humano (dulce, potable y de fácil acceso) es una parte muy pequeña del total y su escasez no se debe sólo a las condiciones naturales de determinadas regiones, sino que tiene mucho que ver con el aumento de la población, el despilfarro y la contaminación. La situación es preocupante y muchos expertos consideran la cuestión del agua como el desafío más importante que debe acometer la humanidad en el siglo XXI. Además del agua para beber, la agricultura, la industria, la higiene y la salud, la calidad ambiental; las posibilidades de desarrollo de un territorio y su población dependen de este líquido singular, de su calidad y de su consumo racional (Serrano, 1988).

2.3 Descripción de los parámetros de calidad

2.3.1 Propiedades moleculares del agua

El agua es el único mineral abundante que es líquido a la temperatura que reina sobre la mayor parte de la superficie de la tierra, mientras que los estudios

sólido y gaseoso de la materia se explican hasta un grado avanzado, el estado líquido es más difícil de comprender. Por analogía con otros compuestos comparables y sobre la base de la estructura molecular, el agua debería ser gaseosa si su molécula correspondiera a la fórmula H_2O . La mayor compacidad en la disposición de las moléculas y la naturaleza líquida del agua dependen de la posición de los átomos de hidrógeno en relación con el del oxígeno forman un ángulo de 105° , con lo que cada molécula actúa como un dipolo y diversas moléculas quedan enlazadas por puentes de hidrógeno.

Un átomo de hidrógeno que está unido a un átomo electronegativo (oxígeno) puede relacionarse mediante un enlace de hidrógeno con otro átomo electronegativo (el oxígeno de la molécula). Estos enlaces de hidrógeno tienen una energía como un décimo de la del enlace covalente, es decir, son relativamente lábiles. Dan lugar a un estado polimérico del agua, en el que ni el número medio de las moléculas en cada agregado ni la persistencia del mismo son constantes. Las propiedades del agua reflejan una situación promedio de continuos cambios al azar (Margalef, 1984).

2.3.2 Propiedades Físicas

La calidad de aguas está dada por una serie de variables físicas, tales como los sólidos, temperatura, color y olor que ésta posea. Estas variables interactúan entre sí y determinan las propiedades químicas y viceversa. La temperatura cumple un papel muy importante en la calidad de aguas, ya que inciden en la fauna y la flora del medio, así como sobre la velocidad en que se desarrollen las distintas reacciones químicas. La solubilidad del oxígeno se ve afectada por la variación de la temperatura, pudiendo el agua aumentar la solubilidad de oxígeno en un 40% al bajar la temperatura de $25^\circ C$ a $0^\circ C$, debido a que en el agua fría, las moléculas retienen en sus estructuras, mayor cantidad de oxígeno.

2.3.3 Propiedades Químicas

El oxígeno disuelto es utilizado por la fauna y flora acuática, tanto en su metabolismo como en la descomposición de materiales orgánicos y desarrollo de reacciones, las altas demandas bioquímicas de oxígeno (cantidad de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos, DBO) y demanda química de oxígeno (cantidad de oxígeno necesario para oxidar las sustancias orgánicas del agua, DQO) no solo conlleva a la generación de problemas de malos olores, sino también a la pérdida de las vidas presentes en el medio.

Las plantas y las algas toman los nitratos durante la síntesis de proteínas para la formación de tejidos. Cuando los organismos mueren, se descomponen primero en amonio, seguidamente a nitritos y finalmente a nitratos; las altas concentraciones de amonio y nitritos en las masas de aguas son evidencias de contaminación.

Así mismo, el fósforo interviene activamente en la formación de las estructuras de organismos, en forma de ácidos nucleicos y moléculas de ATP. Con tan solo miligramos de concentraciones de fósforo, es suficiente para disparar el crecimiento del fitoplancton del medio, los cuales reducen el oxígeno del medio y modifican el ecosistema.

La capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica y la cantidad de sales disueltas en el agua, impactan considerablemente la calidad de uso del agua. Estos pueden provocar problemas de adaptación de organismos que habitan el sistema acuático, debido no solo al déficit de oxígeno al que se halla ligado al segundo factor, sino también por sus mecanismos de osmoregulación. (Earth, 2006).

Canter (2005), Señala las características físicas, químicas y biológicas, que se muestran en la Tabla 1, a continuación.

Tabla 1 Características físicas, químicas y biológicas de calidad de aguas y sus fuentes

Características	Fuentes
Propiedades físicas	
Color	Residuos domésticos e industriales, descomposición natural de materiales orgánicos.
Olor	Aguas residuales en descomposición, residuos industriales
Sólidos	Abastecimiento de agua, residuos domésticos e industriales, erosión de suelos, conexiones incontroladas/infiltración.
Temperatura	Residuos domésticos e industriales.
Constituyentes químicos	
Orgánicos	
Carbohidratos	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Grasas animales, aceites y grasas	Residuos agrícolas
Pesticidas	Residuos industriales
Fenoles	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Proteínas	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Contaminantes principales	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Detergentes	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Compuestos orgánicos volátiles	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Inorgánicos	
Alcalinidad	Residuos domésticos, abastecimiento de agua, infiltración de aguas subterráneas.
Cloruros	Residuos domésticos, abastecimiento de agua, infiltración de aguas subterráneas.
Metales pesados	Residuo industriales
Nitrógeno	Residuos domésticos y agrícolas
Ph	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Fósforo	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Gases	
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos
Metano	Descomposición de residuos domésticos
Oxígeno	Abastecimiento de agua, infiltración de aguas superficiales
Constituyentes biológicos	
Animales	Cursos de agua abiertos y plantas de tratamiento.
Plantas	Cursos de agua abiertos y plantas de tratamiento.
Protistas	
Eubacterias	Residuos domésticos, infiltración de aguas superficiales, plantas de tratamiento
Arqueobacterias	Residuos domésticos, infiltración de aguas superficiales, plantas de tratamiento
Virus	Residuos domésticos

Fuente: Canter (2005)

2.4 Tipología de los usos del agua

El agua es un recurso limitado en la naturaleza y ofrece una multiplicidad de usos que no siempre son compatibles entre sí. Algunos usos extraen el agua de su ciclo natural por periodos largos de tiempo, otros por un tiempo corto y otros simplemente no extraen el agua, aun cuando la usan, a este último grupo pertenecen los usos no extractivos del agua.

Sin embargo, para comprender mejor los usos no consuntivos del agua es necesario identificarlos dentro de la amplia gama de usos que ofrece este recurso. Los usos del agua pueden clasificarse en dos grandes grupos:

2.4.1 Usos consuntivos

Los usos consuntivos son los que consumen o que extraen el agua de su fuente de origen, por lo que, en general, puede ser medido cuantitativamente: usos en industrias, uso municipal, aguas de uso agrícola o de riego, aguas de uso pecuario (M.S.S.C, 1980).

2.4.2 Usos no consuntivos

Los usos no consuntivos no pueden ser medidos cuantitativamente, porque el agua es usada, pero no es removida de su ambiente natural. Los usos no consuntivos se pueden clasificar de la siguiente manera: transporte, aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios, recreación, aguas para la pesca, los mariscos (C.T.D.P.R.E, 2000).

2.5 Educación ambiental

La educación es fundamental para adquirir conciencia, valores y actitudes, técnicas y comportamientos ecológicos y éticos en consonancia con el desarrollo sostenible. La educación ambiental es el proceso permanente de carácter interdisciplinario destinado a la formación de una ciudadanía que

reconozca valores, aclare conceptos y desarrolle las habilidades y las actitudes necesarias para una convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio biofísico circundante. Para una cultura de cambio se requiere la participación de todos, por lo que es indispensable desarrollar programas y actividades educativas dirigidas a distintos públicos (Cumbre de Río, 1992).

2.6 Declaración de río sobre el medio ambiente y el desarrollo

Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Habiéndose reunido en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, Reafirmando la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972, y tratando de basarse en ella, Con el objetivo de establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, Procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial.

2.7 Legislación ambiental ecuatoriana para la disposición de efluentes

En Ecuador, los límites permisibles ,disponible y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado; los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y los métodos y procedimientos para determinarla presencia de contaminantes en el agua, están establecidos en la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes; recurso agua dicha norma tiene como objetivo principal, proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad delas personas de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general; que se muestran a continuación en la Tabla 2. Límites de descarga a un cuerpo de agua marino y Tabla 3. Limite de descarga al alcantarillado público (TULSMA, 2015)

Tabla 2 Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas		mg/l	0,3
Arsénico total	As	mg/l	0,5
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Bario	Ba	mg/l	5
Cadmio	Cd	mg/l	0,2
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		1Remoción al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Fósforo Total	P	mg/l	10
Fluoruros	F	mg/l	5
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	Ph		06-sep
Selenio	Se	mg/l	0,2
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados	mg/l	0,1

totales			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,25
Temperatura	oC		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Zinc	Zn	mg/l	10

Fuente: (TULSMA, 2015)

Tabla 3 Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
alkil mercurio		mg/l	No detectable
Acidos o bases		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5.0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1.5 veces
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1.0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cloroformo	Extracto carbón Cloroformo (ECC)	mg/l	0.1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	D.B.O ₅	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1.0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25.0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10.0
Materia flotante	VISIBLE		AUSENCIA

Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrogeno Total	N	mg/l	40
Kjedahl			
Plata	Ag	mg/l	0.5
Plomo	Pb	mg/l	0.5
Potencial de hidrógeno	pH		05 – 09
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		Mg/l	220
Sólidos totales		Mg/l	1600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ =	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1.0
Temperatura	°C		<40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2.0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1.0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1.0
Compuestos órgano clorados (tot)	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (to)	Concentración de organofosforados y carbamato totales	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5.0
Zinc	Zn	mg/l	10

Fuente: (TULSMA, 2015)

2.8 Contaminación de aguas

Existen varias formas de contaminación de aguas: orgánica, eutrofización, acidificación, por metales pesados, venenos orgánicos, por radioactividad y calor. La orgánica se produce por el vertido de grandes cantidades de materia orgánica a los cauces de aguas. La descomposición reduce los niveles de oxígeno disuelto en el agua y liberan grandes cantidades de nitratos y fosfatos. Esto produce la multiplicación de bacterias anaeróbicas que reducen la materia orgánica, cuyos productos son tóxicos para otros organismos.

La eutrofización es una sobre carga de nutrientes en el agua, principalmente del nitrógeno y del fósforo. Dicha contaminación tiene efectos adversos en las

aguas, debido a que puede darse una proliferación masiva de algas (seciles y planctónicas), algunas de ellas tóxicas. La descomposición de estas consume el oxígeno del agua y los animales que habitan en ella mueren o abandonan la zona afectada.

También el aumento de los residuos de nutrientes puede provocar un cambio en la vegetación acuática. Tal desequilibrio del ecosistema natural, y la alteración química del agua, convierten al medio acuático inadecuados para usos recreativos y hospederos de posibles patógenos que ponen en riesgo la salud humana (Kieley, 2003).

2.9 Demanda química de oxígeno (DQO)

Es una prueba usada para medir el material orgánico presente en las aguas residuales, susceptible de ser oxidado químicamente con una solución de dicromato en medio ácido (Cristes et al., 2001).

2.10 Demanda biológica de oxígeno (DBO)

Estima el grado de contaminación de un líquido midiendo el oxígeno necesario para la oxidación de materia orgánica presente, en aguas residuales de procesamiento de pescado y mariscos, la DBO se origina principalmente a partir de dos fuentes: a) compuestos carbonosos que pueden ser utilizados por microorganismos aerobios como sustratos y b) compuestos que contienen nitrógeno tales como proteínas péptidos y aminos volátiles (Tay et al., 2006).

2.11 Alcalinidad total

Se da por la suma de diferentes formas de alcalinidad existentes, es decir, es la concentración de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos, expresada en términos

del carbonato de calcio. Se puede decir que la alcalinidad mide la capacidad del agua en neutralizar los ácidos. La medida de la alcalinidad es de fundamental importancia durante el proceso de tratamiento del agua, ya que es en función de su concentración que se establece la dosificación de los productos químicos utilizados.

2.12 pH

Representa la concentración de iones de hidrógeno en una solución. En el agua, este factor es de excepcional importancia, principalmente en los procesos de tratamiento. En la rutina de los laboratorios de las estaciones de tratamiento él es medido y ajustado siempre que necesario para mejorar el proceso de coagulación/floculación del agua y también el control de la desinfección. La Portaria nº 2.914/2011 del Ministerio de Salud recomienda que se mantenga el pH del agua entre 6,0 y 9,5 en el sistema de distribución (Silva, 2013).

2.13 Cloruros

Son sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje. El sabor salado del agua, es variable y de la composición química del agua, cuando el cloruro está en forma de cloruro de sodio, es detectable a una concentración de 250 ppm de NaCl. Cuando el cloruro está presente como una sal de calcio o de magnesio, el típico sabor salado de los cloruros puede estar ausente aún a concentraciones de 1000 ppm (Standard Methods, 2005).

2.14 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica depende en gran medida del número de electrones disponibles para participar en el proceso de conducción. La mayoría de los

metales son buenos conductores de electricidad, debido al gran número de electrones libres que pueden ser excitados en un estado de energía vacío y disponible (Standard Methods, 2005).

2.15 Sólidos totales

La determinación de los sólidos totales permite estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas presentes en un agua, pero el resultado está condicionado por la temperatura y la duración de la desecación. Su determinación se basa en una medición cuantitativa del incremento de peso que experimenta una cápsula previamente tarada tras la evaporación de una muestra y secado a peso constante a 103-105 °C (Standard Methods, 2005).

2.16 Tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas

2.16.1 Lagunas de Oxidación

Desde 1973, Manta cuenta con un sistema de tratamiento de aguas servidas, conformadas por seis lagunas de oxidación: dos anaeróbicas; dos de pulimento y dos de estabilización, que constituyen las tres fases de tratamiento de las aguas servidas, y que interconectadas entre sí, forman dos subsistemas, que trabajan paralelamente. En su conjunto tienen una capacidad de almacenamiento total de 350.000 m³ de aguas servidas. Esta capacidad de recepción se vio reducida considerablemente debido al asolvamiento de dichas lagunas, impidiendo que cumplan su finalidad, agravando la situación sanitaria de la ciudad, pues también se encontraba fuera de servicio el sistema de bombeo que impulsa las aguas desde las lagunas hasta la presa El Gavilán, como reservorio final de recepción de las aguas tratadas, la cual tiene una capacidad de almacenamiento de 250.000 m³.

Desde el 2006 se comenzó a tratar las piscinas biológicamente mediante bacterias en un tanque estabilizador, este tipo de tratamiento funciona con las condiciones del medio, con una profundidad de 0,8 m. y 1,20 m., logrando un tratamiento anaerobio en el fondo y aerobio en la superficie. Luego las aguas son conducidas hasta el río Manta, donde se conectan y siguen la misma dirección hasta la desembocadura al mar, aproximadamente 200 metros antes de la salida al mar el agua queda estancada intencionalmente, y se ha abierto una entrada desde el mar, para que el agua de la playa ingrese, realice una dilución de esta agua que viene de la unión de los ríos Manta y Burro y luego salga al mar (González, 2007).

En el río muerto la realidad es diferente, las industrias pesqueras, evacúan sus aguas al río muerto que desemboca en la playa de Los Esteros, la cual va con un tratamiento primario y una biorremediación con aplicación de bacterias que se alimentan de los sólidos en suspensión dándole una coloración rojiza al agua. Estas bacterias cumplen su ciclo de vida y son consumidas por nuevas bacterias que se siembran pero por la magnitud de los compuestos eliminados en estas aguas, no los pueden desintegrar por completo agravando más la situación. Finalmente se une a este mal los efluentes domiciliarios ya que aún no están conectados al recientemente instalado plan maestro hidrosanitario.

El tratamiento de las aguas residuales es un proceso que tiene por objeto reducir la carga contaminante a niveles legalmente permitidos de acuerdo al uso que se les tiene (González, 2007).

2.16.2 Recuperación de las aguas residuales

La planta de tratamiento de aguas residuales de Back River, en Baltimore, Maryland- Estados Unidos, ha dado origen a la planta de Sparrows Point, de la Bethlehem Steel Company, que necesitaba el agua residual para su

empleo en procesos como ayudar a restaurar la calidad del agua y mejorar la salud del ecosistema de la bahía de Chesapeake en 1942.

El parque del Golden Gate, de San Francisco- Estados Unidos, se riega con agua procedente del tratamiento de aguas residuales desde hace mucho tiempo. En California, el proyecto Santee emplea aguas residuales con fines recreativos después de someterlas a una serie de procesos: tratamiento convencional de lodos activados, mantenimiento de 30 días en pozos de oxidación, difusión desde la superficie a galerías subterráneas de filtración y cloración. Con el agua así tratada se construyen lagos de recreo en los que se puede pescar, nadar y navegar (Metzler y Col, 1958).

2.17 Fitorremediación

La Fitorremediación es un conjunto de tecnologías que reducen in situ o ex situ la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas. En suelos contaminados se basa en el uso conjunto de plantas, enmiendas del suelo y técnicas agronómicas para eliminar, retener, o disminuir la toxicidad de los contaminantes del suelo (Chaney et al., 1997).

Las técnicas se caracterizan por ser una práctica de limpieza pasiva y estéticamente agradable que aprovechan la capacidad de las plantas y la energía solar para el tratamiento de una gran variedad de contaminantes del medio ambiente (EPA, 1996). Las plantas actúan como trampas o filtros biológicos que descomponen los contaminantes y estabilizan las sustancias metálicas presentes en el suelo y agua al fijarlos en sus raíces y tallos, o metabolizándolos tal como lo hacen los microorganismos para finalmente convertirlos en compuestos menos peligrosos y más estables, como dióxido de carbono, agua y sales minerales (Peña, 2001).

La principal ventaja de los sistemas de tratamiento con plantas acuáticas es su bajo costo de construcción y mantenimiento, así como su simplicidad de operación. Además, es un recurso disponible, hasta ahora no aprovechado y puede tener diversos usos (Olgún y Hernández 1998). Este grupo de fitotecnologías reúne un gran número de ventajas, especialmente la limpieza y la economía; no utilizan reactivos químicos peligrosos, ni afectan negativamente a la estructura del suelo, sólo aplican prácticas agrícolas comunes; además, el proceso se realiza 'in situ' evitando costosos transportes (Cunningham et al., 1995).

Se conocen alrededor de 400 especies de plantas con capacidad para hiperacumular selectivamente alguna sustancia. En la mayoría de los casos, no se trata de especies raras, sino de cultivos conocidos. Así, el girasol (*Heliantu sanuus*) es capaz de absorber en grandes cantidades el uranio depositado en el suelo. Los álamos (*género Populus*) absorben selectivamente níquel, cadmio y zinc. También la pequeña planta Arabidopsisthaliana de gran utilidad para los biólogos es capaz de hiperacumular cobre y zinc (Gonzales ,2001).

Otras plantas comunes que se han ensayado con éxito son: girasol, alfalfa, mostaza, tomate, calabaza, esparto, sauce y el bambú. Incluso existen especies vegetales capaces de eliminar la alta salinidad del suelo, gracias a su capacidad para acumular el cloruro de sodio. En general, hay plantas que convierten los productos que extraen del suelo a componentes inocuos, o volátiles.

Pero cuando se plantea realizar un esquema de fitorremediación de un cuerpo de agua o un área de tierra contaminados, se siembra la planta con capacidad (natural o adquirida por ingeniería genética) de extraer el contaminante particular, y luego del período de tiempo determinado, se cosecha la biomasa y se incinera o se le da otro curso dependiendo contaminante. De esta forma, los contaminantes acumulados en las plantas no se transmiten a través de las redes alimentarias a otros organismos (Gonzales ,2001).

Estas fitotecnologías se pueden aplicar tanto a contaminantes orgánicas como inorgánicas, presentes en sustratos sólidos, líquidos o en el aire. Se distinguen:

2.17.1 Fitoextracción uso de plantas acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos para retirarlos del suelo mediante su absorción y concentración en las partes cosechables.

2.17.2 Fitoestabilización uso de plantas para reducir la biodisponibilidad de los contaminantes en el entorno, mejorando las propiedades físicas y químicas del medio.

2.17.3 Fitoimmobilización uso de las raíces de las plantas para la fijación o inmovilización de los contaminantes en el suelo. Junto con la anterior son técnicas de contención.

2.17.4 Fitovolatilización uso de plantas para eliminar los contaminantes del medio mediante su volatilización, y para eliminar contaminantes del aire.

2.17.5 Fitodegradación uso de plantas y microorganismos asociados para degradar Contaminantes orgánicos.

2.17.6 Rizofiltración uso de raíces para absorber y adsorber contaminantes del agua y de otros efluentes acuosos.

2.18 Los humedales

Minimizan o reducen la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte de operadores capacitados, por ejemplo no se requiere un sistema de aireación que demande un gasto de energía ya que en el tratamiento los diferentes procesos ocurren bajo condiciones anaerobias, facultativas y/o aerobias en las cuales se aporta de manera espontánea el oxígeno desde la atmósfera, no requieren adición de reactivos químicos, todo el proceso se basa en una interacción de mecanismos físicos, químicos y biológicos (Camacho et al., s. f., EPA, 1999).

Constituyen un espacio verde estéticamente agradable para la comunidad, incorporan un hábitat para la vida silvestre y oportunidades para la recreación

pública (Guadalupe y Llagas, 2006), menor costo de construcción, operación y mantenimiento, que un tratamiento con procesos mecánicos (Frers, 2008; EPA, 1999), no producen lodos residuales que demandarían un posterior tratamiento y disposición final (EPA, 1999), la remoción de contaminantes de las aguas residuales domésticas es muy efectiva con tiempos de retención razonables (EPA, 1999).

2.19 Los humedales presentan limitaciones como las que se indican

Pueden traer problemas de mosquitos y otros insectos causantes de enfermedades, los metales, el fósforo y algunos compuestos orgánicos persistentes se acumulan en el humedal con el tiempo, debido a que permanecen ligados al sedimento de la superficie del sustrato, el aumento del tamaño del humedal y consecuentemente el tiempo de retención puede hacerse en forma compensatoria, pero puede no ser eficiente en términos económicos. (EPA, 1999)

Debido a que el proceso es lento, el tiempo que dure el proceso puede ser largo (Frers, 2008), en algunos casos la mayor limitación de los humedales FS es el requerimiento de grandes superficies de terreno, para permitir el mayor tiempo de retención y permitir así la adsorción y el intercambio catiónico al igual que la oxidación y precipitación de los metales (Aduvire, 2012), requiere instalar plantas piloto para evaluar las variables de diseño que son específicas a cada región (Arroyave, 2004).

A continuación se exponen varios aspectos importantes de conocer acerca de los humedales artificiales.

2.19.1 Concepto de humedal artificial

Los humedales artificiales se consideran sistemas de depuración de poca profundidad que simulan los procesos físicos, químicos y biológicos que

tienen lugar en un humedal natural pero confinándolo con alguna cubierta impermeable como una geomembrana. Son sistemas que básicamente se forman por agua, relleno sólido como grava y especies vegetales acuáticas. Las comunidades de microorganismos aparecen de forma espontánea durante el uso del humedal (Camacho et al., s. f.).

Como tratamiento de ingeniería el uso de humedales artificiales está recibiendo cada vez más atención para la remediación de aguas contaminadas (Gessner et al., 2005). Es importante conocer diferentes aspectos respecto a los humedales artificiales, se explican a continuación algunos de ellos.

2.19.2 Descripción de un humedal artificial FS

Los humedales artificiales FS presentan una capa de agua poco profunda que por lo general oscila entre 0.2 y 0.4 m., el agua fluye a través del sistema con un tiempo de retención hidráulica de 10 días como mínimo (Meuleman y Verhoeven, 1999).

La profundidad baja del agua, la velocidad lenta del flujo y la presencia de las especies vegetales acuáticas regulan el flujo del agua a tratar, teniendo un régimen esencialmente laminar que proporciona una remoción muy efectiva de material particulado al inicio del sistema (EPA, 1999).

Es importante mencionar que debe ingresar agua tratada, ejemplo con un proceso previo de sedimentación. Los mecanismos de remoción que se detallarán más adelante se ejecutarán al pasar el agua lentamente a través de los tallos en caso de vegetación emergente y las raíces si se trata de vegetación flotante. Las especies vegetales acuáticas con sus tallos, hojas sumergidas y raíces forman un medio de soporte para el crecimiento de las bacterias y en algunos casos permite la oxigenación (Romero, 1999).

El oxígeno se encuentra disponible en la superficie del agua, en microzonas de la superficie de las especies vegetales acuáticas, así como en superficie de raíces y rizomas, lo cual permite que se produzca actividad aeróbica en el humedal. Sin embargo, se puede asumir que la mayor parte del líquido en el humedal FS es anaeróbico, lo cual limita la remoción de amoníaco pero estos humedales sí son efectivos para la remoción de DBO, SST, metales y algunos contaminantes orgánicos (EPA, 1999).

2.19.3 Consideraciones de diseño y construcción de un humedal FS

Un parámetro muy importante en el diseño de humedales es la temperatura, ya que afecta las condiciones físicas y biológicas del sistema (Márquez, 2013). Según (Crites y Tchobanoglous, 2001, citado en Villarroel, 2005), los parámetros son: tiempo de retención hidráulica, profundidad del agua, relación largo-ancho

A continuación se presenta la siguiente Tabla 6 que indica ciertos valores para los parámetros respectivos (Fuente: Adaptado de (Metcalf y Eddy, 1995b; Crites y Tchobanoglous, 2000).

Tabla 4 Criterios de diseño para humedal artificial de flujo superficial

Criterio	Unidad	Valor
Tiempo de retención hidráulica	Días	4 a 15
Profundidad del agua	Cm	10 a 60
Relación de longitud/ancho	Adimensional	2:1 a 4:1

Fuente:(Metcalf y Eddy, 1995b; Crites y Tchobanoglous, 2000)

Tiempo de retención hidráulica: Se define como la relación existente entre el volumen efectivo de agua y el caudal. Sin embargo, debido a la existencia de flujos preferenciales, el tiempo de retención teórico no tiene por qué coincidir con el real, por lo general los tiempos medidos son inferiores al teórico (Kadlec et al., 2002, citado en Angarita, 2010).

Profundidad de agua: La profundidad va a depender de la altura que la vegetación permita alcanzar antes de ser inundada, máximo suele ser de 0.6 m (Angarita, 2010).

A manera de recomendación (Skousen et al., 1998, citado en Aduvire, Baretino y López, 2002) indica que la profundidad de agua no debe superar los 30 cm para ayudar a que la vegetación emergente cumpla con sus funciones.

2.20 Características de las especies vegetales acuáticas utilizadas en humedales

Siendo las especies vegetales acuáticas un elemento primordial en los humedales artificiales es importante revisar literatura respecto a las mismas, a continuación se presenta la clasificación, las funciones y características de (*Eichhornia Crassipes*), y (*Dracaena Sanderiana*).

2.21 Clasificación de las especies vegetales acuáticas

Las especies vegetales acuáticas que se pueden emplear en un humedal artificial son: flotantes, emergentes y sumergidas, tal como se muestra en la Figura 8.

2.21.1 Flotantes

Se caracterizan por su habilidad para derivar el dióxido de carbono y satisfacer las necesidades de oxígenos directamente de la atmósfera, estas toman los nutrientes minerales del agua (Guadalupe y Llagas, 2006).

2.21.2 Sumergidas

Se caracterizan por la habilidad de absorber oxígeno, dióxido de carbono y minerales de la columna de agua (Guadalupe y Llagas, 2006).

2.21.3 Emergentes

Aportan con la difusión de oxígeno desde la parte aérea hacia la zona radicular permitiendo así la aireación del sistema. (Brix, 1994 y Kadlec, 2000, citados en Barrera-Godínez, Durán-Domínguez-de-Bazúa, González-Sandoval, Moeller-Chávez, Ramírez-Camperos y Ruiz-López, 2010).

Funciones de las especies vegetales acuáticas como parte de un humedal artificial

La vegetación juega un papel importante ya que la difusión de oxígeno de las raíces crea condiciones necesarias para el desarrollo de microorganismos, que participan en la descomposición aeróbica de la materia orgánica (Brix, 1993, citado en Bulc, Vrhovšek, y Kukanja, 1996).

Tanto raíces, hojas y tallos cumplen una función que se detalla a continuación en la Tabla 7 (Fuente: Guadalupe y Llagas, 2006)

Tabla 5 Funciones de las especies vegetales acuáticas

	Será la superficie donde las bacterias crezcan.
Raíces y/o tallos en la columna de agua	Constituye un medio. Filtración y adsorción de sólidos. Previenen el crecimiento de algas.
Tallos y/o hojas sobre la superficie del agua	Reducen la transferencia de gases entre la atmósfera y el agua.

Fuente: (Guadalupe y Llagas, 2006)

Según Olguín, 1998, citado por Arroyave, 2004; las características que deben poseer las especies vegetales acuáticas empleadas en un humedal artificial son las siguientes: Alta productividad, alta eficiencia de remoción de nutrientes

y contaminantes, buenas condiciones de supervivencia ante condiciones adversas, facilidad para ser cosechada.

2.22 Lechuguín de agua (*Eichhornia Crassipes*)

2.22.1 Taxonomía científica

De acuerdo con (Cristobal y Lacuesta, 2013).

Reino (Plantae), División (Magnoliophyta), Clase (Liliopsida), Orden (Commelinales), Familia (Pontederiaceae), Género (Eichhornia), Especie (Crassipes).

2.22.2 Descripción

También se las conoce como lirio de agua, camalote o lechuguín. Es una especie vegetal acuática, perenne, vascular, flotante con raíces sumergibles, de clima cálido y frío. Puede sobrevivir y extenderse en muchos sitios gracias a su habilidad de crecimiento y adaptación. Logra duplicar su tamaño en diez días y durante ocho meses de normal crecimiento es capaz de producir 70 000 hijas; llegando a medir entre 0.5 a 1.2 metros desde la parte superior a las raíces cuando crecen en agua residual (Metcalf y Eddy, 1995b; Romero, 1999).

Tiene un extenso sistema de raíces que le permite alcanzar una gran capacidad de filtración y absorción de contaminantes como metales pesados que se nombran a continuación: níquel, cadmio, plomo, mercurio, arsénico, cromo, plata, cobre, entre otros (Romero, 1999). El mecanismo de remoción que actúa se cree que es a través de la formación de complejos entre el metal pesado con los aminoácidos presentes dentro de la célula, previa absorción de estos metales a través de las raíces (Metcalf y Eddy, 1995, citado en Celis, Junod y Sandoval, 2005).

El sistema de raíces del Jacinto de agua puede incorporar a ellas microorganismos que favorecen la depuración en el sistema (Novotny y Olem, 1994, citado en Celis et al., 2005).

2.22.3 Reproducción

Se reproducen tanto sexual como vegetativamente. La principal forma de reproducción es la vegetativa, mediante el brote de estolones que forman nuevas plántulas. También se pueden reproducir mediante semilla, siendo este método una fuente de reinfestación cuando se erradica la población (Curt, 2005).

2.22.4 Desarrollo

Su crecimiento es rápido en temperaturas de 20 a 30 °C pero se estanca en temperaturas de 8 a 15 °C. La formación del fruto también está relacionada con las condiciones ambientales, siendo muy reducida cuando las temperaturas son muy altas y la humedad relativa es baja. Para su óptimo desarrollo la humedad relativa debe ser de 90% y la temperatura debe estar entre 22.5 y 35 °C (Curt, 2005). Para su desarrollo se requiere un hábitat que presente un pH entre 5.5 a 9 (Aquabase, 2002). Un Jacinto de agua grande puede requerir entre 1.5 a 2.15 mg/L de nitrógeno y entre 0.38 a 0.56 mg/L de fósforo (García, 2012).

2.22.5 Desventajas o problemas

Obstruyen canales de riego, impiden la navegación y crean un problema sanitario al ser un hábitat adecuado para los mosquitos. Causan problemas ambientales, debido a que por su fácil reproducción cubren toda la superficie del agua. La *Eichhornia Crassipes* impide que la luz del sol llegue a las especies vegetales acuáticas nativas y reduce el nivel de oxígeno del agua. Sin embargo, estas características son muy ventajosas cuando se utiliza en ambientes controlados para tratamiento como los humedales artificiales (Curt, 2005).

2.22.6 Características

Tiene un rizoma del que se abre un rosetón de hojas que tienen una superficie esponjosa. Tallo subterráneo de ciertas plantas, generalmente horizontal, que por un lado echa ramas aéreas verticales y por las otras raíces notablemente infladas como una vejiga de aire llamada peciolo, que le permite flotar sobre el agua (Cristobal y Lacuesta, 2013). En la parte sumergida están las raíces, que tienen aspecto plumoso, muy densas, y de color blancas cuando son jóvenes y negro-púrpura cuando son adultas. Además en la parte sumergida se desarrollan estolones de hasta 30 cm de longitud (Curt, 2005).

2.22.7 Accidentes, plagas o enfermedades

No posee plagas ni enfermedades. En lugares en los que no son deseables se ha intentado su control biológico mediante enemigos naturales importados de su área de distribución natural como coleópteros, lepidópteros, hongos y peces predadores (Curt, 2005).

2.23 Bambú ornamental (*Dracaena Sanderiana*)

2.23.1 Taxonomía científica

De acuerdo con (Engler, 2011).

Reino (Plantae), División (Magnoliophyta), Clase (Liliopsida), Orden (Asparagales), Familia (Agavaceae), Género (Dracaena), Especie (D. Sanderiana).

2.23.2 Descripción

Nativa de Camerún y el Congo, se trata de la especie más común del género *Dracaena* (Bryan, Ramírez, Ribera y Rodríguez, 1976). La *Dracaena Sanderiana* se conoce como bambú de la suerte. Se distribuye en las zonas tropicales y subtropicales de la India y África, aunque actualmente se ha extendido por todo el mundo

excepto en Europa, el género *Dracaena* es bien conocido como una planta ornamental que requiere de lugares sombríos sin recibir luz directa del sol (Aslam y Prasad, 2013).

2.23.3 Reproducción

Cabe el término propagación ya que se multiplican por medio de esquejes terminales de tallo que tienen una longitud entre 5 y 8 cm. Una *Dracaena* adulta puede producir hasta 3 o 4 plantas por medio de esquejes, tienen un período de vida como mínimo de 5 o 6 años (Infoagro, s. f.; Beura, Jagadev y Samal, 2007).

2.23.4 Desarrollo

El desarrollo de las *Dracaenas* normalmente es bastante lento, alcanzan alturas que van desde los 40 a 60 cm hasta los 120 cm. La temperatura adecuada para su desarrollo está entre los 20 y 28°C. En caso de encontrarse las *Dracaenas* en agua, el pH de esta debe estar en un rango entre 6 y 8 (Infoagro, s. f.; Aquabase, 2002).

2.23.5 Características

La especie vegetal es delgada, alcanzando entre 90 a 100 cm de alto, con tallo leñoso y ramificado donde sus hojas están dispuestas a lo largo del mismo alternadamente a modo de roseta. Sus hojas son lanceoladas, onduladas, de 3 a 4 cm de ancho por 15 a 25 cm de largo; de color verde y con los márgenes provistos de una banda blanquecina (Bryan et al., 1976).

2.23.6 Accidentes, plagas o enfermedades

A pesar de que las *Dracaenas* viven con pocos requerimientos de cuidado puede eventualmente presentar algunos problemas como manchas foliares causadas por algunos hongos o bacterias. Otro problema es un proceso de putrefacción en los tallos durante el enraizamiento. En cuanto a las hojas

puede presentar un color amarillento que si se produce lentamente, se debe al proceso natural de envejecimiento, pero si las hojas comienzan a caer rápidamente puede darse el caso de exceso de sequedad. Si en las hojas aparecen márgenes y ápices foliares necróticos, la causa más probable es sequedad del aire, ya requieren un alto porcentaje de humedad en el ambiente y tampoco resisten temperaturas cercanas a cero (Infoagro, s.f.).

2.24 Depuración biológica por fangos activos

Una planta de lodos activados además es un sistema de mezcla completa, el ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante el uso de aireadores mecánicos que pueden estar ubicados en el lecho o superficie del mismo. Al cabo de un periodo determinado de tiempo, la mezcla de las nuevas células con las antiguas se conducen hasta un tanque de sedimentación para ser separados por decantación del agua residual tratada. Una parte de la células sedimentadas se recirculan para mantener en el reactor la concentración de células deseadas, mientras que en otra parte se purga el sistema.

El empleo de lodos activos ofrece una alternativa eficiente para el tratamiento de aguas residuales ya que posee una gran variedad de microorganismos capaces de remover materia orgánica, patógena y nutriente (nitrógeno y fósforo), razón por la cual resulta un método ideal para tratar aguas residuales domésticas y municipales (Julián, 2008).

El tratamiento biológico es una parte del conjunto de procesos utilizados en la depuración de las aguas residuales. La denominación de biológico es consecuencia de la eliminación de la materia orgánica presente en el agua residual mediante la intervención de microorganismos (bacterias, protozoos, etc.). A la hora de estudiar los tratamientos biológicos nos vamos a ocupar principalmente de los siguientes aspectos:

Fundamento de los procesos de oxidación biológica Factores que intervienen en el crecimiento, Nutrición de los microorganismos, así como en la cinética de las reacciones, Características de los grandes sistemas de tratamiento biológico (soporte sólido y soporte líquido)

2.24.1 Factores que influyen en la oxidación biológica

La complejidad de las reacciones de oxidación biológica de la materia orgánica hace que estas se puedan ver favorecidas o inhibidas por muchos agentes externos. Así pues, el conocimiento y repercusión de tales factores es muy importante para el control de las reacciones biológicas. Los factores más importantes a tener en cuenta son: características del alimento, nutrientes, suministro de oxígeno, tipo de microorganismos, pH, salinidad, sustancias inhibitoras o tóxicas (Tarancón, 2002).

2.25 Fitotoxicidad

Una forma de evaluar la estabilidad de las agua es la prueba de fitotoxicidad a través de la germinación de semilla, elongación de raíces o el crecimiento de plantas en compost solos o en mezcla con el suelo (Morel, 1985). La prueba de germinación presenta desventajas por la diferente susceptibilidad de las semillas utilizadas a varias fitotoxinas (Varneroet al, 2006). se calificó la calidad de agua de acuerdo a los niveles de toxicidad expuestos en la Tabla 6 Fuente: (Goddenet al., 1987).

Tabla 6 Nivel de toxicidad de un abono orgánico de acuerdo al porcentaje de germinación

Tasa de germinación	Nivel de toxicidad
85-100%	NO TOXICO
70-85%	MODERADAMENTE TOXICO
50-70%	TOXICO
<50%	MUY TOXICO

Fuente: (Goddenet al., 1987).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

La investigación de campo se realizó durante 3 semanas entre Marzo y Abril del 2016, en el cauce interno de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, cantón Manta, Provincia de Manabí, ubicada a Latitud: 00° 57' 24" S Longitud: 88° 44' 49" O a 40 m.s.n.m (Google Earth ,2014).

3.2 Características climáticas y edafológicas

La zona de estudio, presenta las siguientes características edafoclimáticos, basados en la base de datos del INOCAR.

Temperatura	: 26 ,2 °C ¹
Pluviosidad	: 271 mm ¹
Humedad relativa	: 77% ¹
Evaporación	: 80.8 mm ²
Heliofania	: 83.84 horas de sol/mensual ¹
Topografía	: poco inclinada
Textura	: Franco –arcillosa
Origen	: tropical, cálido, fresco, seco ³

¹(INOCAR, INOCAR.temperatura.com, 2015)

²(iNOCARI,2016)

³(Geomorfología y clima de Manta, 2012)

3.3 Tratamientos

Los tratamientos fueron dos tipos de plantas y un proceso biológico.

-Lechuguin de agua (*Eichhornia crassipes*)

-Bambú Ornamental (*Dracaena sanderiana*)

-Lodos Activados

3.4 Procedimientos

3.4.1 Características unidades experimentales

Número de tratamientos: 3

Número de repeticiones: 3

Número de unidades experimentales: 9

Distancia entre hileras: 0.03 m

Distancia entre plantas: 0.03 m

Número de plantas / unidad experimental: 9

Número de plantas por repeticiones: 27

Número total de plantas: 54

Área útil unidad experimental: $(0,35\text{m} * 0,35\text{ m})= 0,1225\text{ m}^2$

Área útil repetición: 0,245 m²

Área Total: 1,47 m²

3.4.2 Diseño experimental

Bloques Completos al Azar en tres repeticiones en el campo, para los datos calculados semanalmente (Tabla 7).

Tabla 7 Esquema del análisis estadístico

Fuente de variación		Grados de libertad
Total	(rt-1)	8
Repeticiones	(r-1)	2
Tratamientos	(t-1)	2
Error	[(rt+1) – (r-1) (t-1)]	4

Los datos en conjunto fueron analizados en forma combinada con el ADEVA Tabla 8.

Información de los análisis estadísticos.

- CV (%)
- Prueba de TUKEY AL 5 % de probabilidad.

Tabla 8 Esquema del análisis combinado

		ADEVA	
Semanas	s-1	=	3-1 =2
Rept(Sitio)	s(r-1)	=	3(3-1)=6
Tratamientos	t-1	=	3-1=2
Seman x Trat.	(s-1) (t-1)	=	(3-1) (3-1) =4
Error	s(t-1) (r-1)	=	3(3-1) (3-1) =12
Total	(s x t x r)-1	=	(3 x 3 x 3) -1= 26

3.5 Datos a tomar y metodología de evaluación

3.5.1 Toma de muestras de agua

Las muestras de agua se tomaron al inicio y durante tres semanas en cada unidad experimental.

3.5.2 Parámetros evaluados

Físicos

Conductividad: Se utilizará un conductímetro, se obtienen los valores en micro siemens.

Sólidos Totales: Método gravimétrico estándar se utilizara un filtro de fibra de vidrio, estufa, un desecador, una balanza analítica, un quitasato, embudo, pinza.

Químicos

Alcalinidad: Proceso por medio de titulación.

Cloruros: Proceso por medio de titulación.

DBO: Se utilizó una incubadora a 20 °C y por medio de medición de Co₂ utilizando botellas Ámbar.

DQO: Se utilizó un espectrofotómetro por método colorimétrico estándar de reflujo cerrado.

Salinidad: Se utilizó un conductímetro.

pH: Se utilizó pH metro.

3.6 Manejo del experimento

3.6.1 Toma de muestras de agua: al inicio y en el tiempo

Se tomó una muestra de agua residual inicial del efluente de la micro cuenca ubicada en la parte centro-norte de la ULEAM con el fin de conocer los niveles en que se encuentran los parámetros que evaluaron y así en todas las unidades experimentales (Semana 1,2 y 3) por cada tratamiento Lechugin

de agua (*Eichhornia crassipes*), Bambú ornamental (*Dracaena sanderiana*), *Testigo Lodos Activados*), en botellas de plástico esterilizado de 1000 CC.

3.6.2 Selección del área

El área donde se realizó el trabajo, fue en el efluente interno de la ULEAM, se escogió este lugar por que cumple con las características principales donde se puede aplicar la Fitorremediación caracterizando los principales parámetros de calidad. El efluente se encuentra ubicado en la parte centro-norte de la ULEAM.

3.6.3 Establecimientos de los tratamientos

Se utilizarón dos tipos de especie distintas Lechugin de agua (*Eichhornia crassipes*) y Bambú ornamental (*Dracaena sanderiana*), tuvieron una edad media de 4 meses para el Lechugin y 2 años para el Bambú ornamental con lo cual el proceso de Fitorremediación fue más efectivo, se construyeron seis áreas de siembra con medidas de 0,1225 m² y una película de 20 cm, esto se realizó cerca del efluente, cada unidad se cubrió con una membrana de plástico para evitar que el agua se filtre en el suelo, adecuando una pequeña carpa y construyendo un canalón para evitar el paso del agua y proteger el tratamiento y evitar la influencia de infiltración naturales. En el caso de los Lodos activados se realizó el tratamiento con condiciones controladas se recolectó 1 Kg de lodo residual para tratar, aireando los lodos durante tres días, suministrando los nutrientes como melaza necesarios para su activación más rápida de acuerdo a la metodología propuesta por Alcívar (2015), se dejó repostar en el fondo del Erlenmeyer y con este lodo se trata el agua del efluente interno de la ULEAM.

3.6.4 Preparación de las muestras de agua previo al análisis

Las muestras tomadas al inicio y después semanalmente fueron identificadas y analizadas en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UEAM.

3.6.5 Prueba de fitotoxicidad

A fin de determinar si las agua tratadas puedan resultar tóxicas para las plantas, se evaluó la germinación de una planta de frejol, se emplearon con las aguasal final del experimento (Lechugin, Bambú y la de los Lodos Activados) De acuerdo al porcentaje de germinación obtenido, se calificó la calidad de agua de acuerdo a los niveles de toxicidad expuestos en la Tabla 6 Fuente: (Goddenet *al.*, 1987).

Para ellos se dio un tiempo de 10 días para todos los tratamientos, un mismo tipo de sustrato, 50 vasos cada uno con 2 frejoles regando el agua de cada tratamiento dos veces por día. Dando a conocer el peso inicial de los frejoles y pasado los 10 días se volvieron a pesar.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Análisis físico – químico inicial del agua del efluente interno de la ULEAM

La Tabla 9, muestra los resultados de los análisis físicos y químicos del agua del efluente interno de la ULEAM, que fueron: (6816,87 mg/ l para Solidos Totales; 7,37 ms/cm para conductividad eléctrica; 615,8 mg/l para Alcalinidad; 1569 mg/l para Cloruros; 287,56 mg/l para DBO; 392,08 mg/l para DQO; 5,3 g/l para Salinidad y 9,2 para pH.)

Tabla 9 Análisis físicos y químicos del agua del efluente de la ULEAM, al inicio del estudio

Parámetros	Unidades	Resultados Iniciales	LP/SA**	LP/CA*
Alcalinidad	(mg/l)	615,80	NE	NE
Conductividad	(ms/cm)	7,37	NE	NE
Cloruros	(mg/l)	1569,00	1000	NE
D.B.O.	(mg/l)	287,56	250	100
D.Q.O.	(mg/l)	392,08	500	250
Salinidad	(g/l)	5,30	NE	NE
Sólidos Totales	(mg/l)	6816,87	1600	NE
pH		9,20	5--9	6--9

*Límites de descarga a un cuerpo de agua marino

**Límites de descarga al sistema de alcantarillado

NE.- No Establecido

4.2 Efecto de los tratamientos en los análisis físicos y químico de las aguas del efluente de la ULEAM

Semana I

Cuando el agua del efluente tuvo al Bambú se logró: 611 mg/l (Alcalinidad), 1552 mg/l (Cloruros), 7,35 ms/cm (Conductividad eléctrica), 265 mg/l (DBO), 348 mg/l (DQO), 8,82(pH), 5,16 g/l (Salinidad) y 6919 mg/l (Solidos Disueltos)

Totales); al utilizar el Lechugin se encontraron los valores: 588mg/l (Alcalinidad), 1428 mg/l (Cloruros), 7,29 ms/cm (Conductividad eléctrica), 228 mg/l (DBO), 312 mg/l (DQO), 8,44(pH), 4,25 g/l (Salinidad) y 6364 mg/l (Solidos Disueltos Totales); cuando se utilizaron los Lodos Activados se registraron: 566 mg/l (Alcalinidad), 1207 mg/l (Cloruros), 7,20 ms/cm (Conductividad eléctrica), 151 mg/l (DBO), 287 mg/l (DQO), 8,04(pH), 3,82 g/l (Salinidad) y 4778 mg/l (Solidos Totales) (Tabla 9). La prueba de Tuckey ($p < 0,05$) determinó tres rangos de significación donde los valores menores, fueron conseguidos por la acción de los Lodos Activados, siguiendo los de Lechugin que también fueron diferentes a los de Bambú, y estos últimos mostraron los tenores más altos de las cuantificaciones.

Tabla 10 Valores promedios de los análisis químicos y físicos del efluente de la ULEAM a la primera semana del experimento

Parámetros	Bambú	Lechugin	Lodos Activados	Tuckey 5%	CV %
Alcalinidad (mg/l)	611 a	588 b	566 c	7,23	0,53
Cloruros (mg/l)	1552 a	1428 b	1207 c	6,85	0,22
Conductividad (ms/cm)	7,35 a	7,29 b	7,2 c	0,19	1,18
DBO (mg/l)	265 a	228 b	151 c	17,48	3,58
DQO (mg/l)	348 a	312 b	287 c	14,13	2,28
PH	8,82 a	8,44 b	8,04 c	0,2	0,31
Salinidad (g/l)	5,16 a	4,25 b	3,82 c	0,08	0,82
Solidos Totales (mg/l)	6919 a	6364 b	4778 c	165,93	1,21

Semana II

En esta oportunidad, al tratar el efluente con utilización del Bambú se logró: 591 mg/l(Alcalinidad), 1496 mg/l (Cloruros), 7,30 ms/cm (Conductividad eléctrica), 217 mg/l (DBO), 311 mg/l (DQO), 8,73 (pH), 4,4 g/l (Salinidad) y 6712 mg/l (Solidos Disueltos Totales); con el empleo del Lechugin se obtuvieron valores: 551mg/l (Alcalinidad), 1198 mg/l (Cloruros), 6,95ms/cm (Conductividad eléctrica), 153 mg/l (DBO), 250 mg/l (DQO), 8,11 (pH), 3,87 g/l (Salinidad) y 4117 mg/l (Solidos Disueltos Totales); y con los Lodos Activados: 539 mg/l

(Alcalinidad), 999 mg/l (Cloruros), 6,93 ms/cm (Conductividad eléctrica), 96 mg/l (DBO), 241 mg/l (DQO), 7,91 (pH), 3,22 g/l (Salinidad) y 2371 mg/l (Solidos Totales) (Tabla 10). Como en la semana anterior (primera) se observó la misma tendencia de disminución en todos los parámetros, ante lo que Tuckey ($p < 0,05$) estableció tres rangos diferentes siendo los menores los Lodos Activados.

Tabla 11 Valores promedios de los análisis químico y físico del efluente de la ULEAM a la segunda semana del experimento

Parámetros	Bambú	Lechugin	Lodos Activados	Tuckey 5%	CV %
Alcalinidad (mg/l)	591 a	551 b	539 c	10,96	2,06
Cloruros (mg/l)	1496 a	1198 b	999 c	11,11	0,39
Conductividad (ms/cm)	7,30 a	6,95 b	6,93 c	1,15	0,18
DBO (mg/l)	217 a	153 b	96 c	7,50	2,12
DQO (mg/l)	311 a	250 b	241 c	16,31	2,68
PH	8,73 a	8,11 b	7,91 c	0,11	0,16
Salinidad (g/l)	4,4 a	3,87 b	3,22 c	0,09	0,98
Solidos Totales (mg/l)	6712 a	4117 b	2371 c	142	1,42

Semana III

Durante la última semana del experimento con el uso del Bambú se logró: 590 mg/l (Alcalinidad), 1459 mg/l (Cloruros), 7,27 ms/cm (Conductividad eléctrica), 215 mg/l (DBO), 307 mg/l (DQO), 8,71(pH), 4,23 g/l (Salinidad) y 6462 mg/l (Solidos Disueltos Totales); el efecto del Lechugin provocó valores de: 501mg/l (Alcalinidad), 981 mg/l (Cloruros), 6,87ms/cm (Conductividad eléctrica), 84mg/l (DBO), 208 mg/l (DQO), 7,75(pH), 3,34 g/l (Salinidad) y 2428 mg/l (Solidos Disueltos Totales); y con los Lodos Activados se registraron: 498 mg/l (Alcalinidad), 976 mg/l (Cloruros), 6,80 ms/cm (Conductividad eléctrica), 67 mg/l (DBO), 158 mg/l (DQO), 7,60(pH), 2,93 g/l (Salinidad) y 1551 mg/l (Solidos Totales). Al igual que en los casos anteriores (semana 1 y 2) Tuckey encontró las mismas diferencias que se obtuvieron con el tratamiento del

Bambú, seguidos por los del Lechugin y Lodos Activados, estos últimos fueron las determinaciones más bajas.

Tabla 12 Valores promedios de los análisis químicos y físicos del efluente de la ULEAM a la tercera semana del experimento

Parámetros	Bambú	Lechugin	Lodos Activados	Tuckey 5%	CV %
Alcalinidad (mg/l)	590 a	501 b	498 c	8,77	1,67
Cloruros (mg/l)	1459 a	981 b	976 c	11,29	0,43
Conductividad (ms/cm)	7,27 a	6,87 b	6,80 c	0,1	0,65
DBO (mg/l)	215 a	84 b	67 c	6,93	2,5
DQO (mg/l)	307 a	208 b	158 c	2,39	0,47
PH	8,71 a	7,75 b	7,60 c	0,25	0,39
Salinidad (g/l)	4,23 a	3,34 b	2,93 c	0,44	5,02
Solidos Totales (mg/l)	6462 a	2428 b	1551 c	248	3,14

4.3 Análisis combinado de los resultados de los análisis físicos y químicos logrados en las semanas de estudio

El análisis combinado de los datos mostro diferencia significativa entre ($p < 0,01$) semanas, tratamientos y la interacción tratamientos por semanas en todos los parámetros evaluados siendo esto ratificado por la prueba de comparación de medias.

La prueba de Tuckey ($p < 0,05$), determinó diferencias significativas entre los promedios logrados a medida que avanzó el tiempo (semanas) con una tendencia de disminución, en todas las variables evaluadas. Así, entre la primera y tercera semana esto fue de 4,42 - 3,83 y 3,56 (g/l) para Salinidad ; de 7,35 - 7,04 y 7,00 ms/cm para Conductividad Eléctrica (Gráfico 4.1); de 588 , 561 y 530 (mg/l) de Alcalinidad; de 1335 , 1231 y 1134 (mg/l) , para Cloruros (Gráfico 4.2); de 5465, 3960 y 3200 (mg/l), para Solidos totales ; y de 8,43 - 8,26 y 8,05 para (pH) (Gráfico 4.3); de 214,155 y 122 (mg/l) para DBO ; de 315, 267 y 224 (mg/l) para DQO (Gráfico 4.4).

La comparación de los promedios de los tratamientos probados mostró diferencias entre sí; en este caso, para el uso de las especies de Bambú y Lechugin y los Lodos Activados, en su orden, se obtuvieron para 4,61 – 3,89 y 3,55 (g/l) para Salinidad; de 7,33 - 7,08 y 6,98 ms/cm para Conductividad Eléctrica (Gráfico 4.1); de 598, 559 y 558 (mg/l) de Alcalinidad; de 1502, 1202 y 1061 (mg/l), para Cloruros (Gráfico 4.2); de 6194, 3971 y 2466 (mg/l), para Sólidos totales; y de 8,75 – 8,14 y 7,85 para (pH) (Gráfico 4.3) de 232, 155 y 104 (mg/l) para DBO; de 322, 257 y 229 (mg/l) para DQO (Gráfico 4.4).

Al interactuar los factores Tuckey ($p < 0,05$), diferenció seis categorías para las evaluaciones de Alcalinidad, Conductividad eléctrica, DBO, DQO, Salinidad y Ph; siete rangos para Cloruros y ocho para Sólidos totales.

Cuando se utilizó el Bambú durante la primera semana, se obtuvo una Salinidad de 5,2 g/l siendo la más alta y diferente respecto a las demás cuantificaciones; los valores de menor rango fueron 3,53 – 3,23 y 2,33 g/l, obtenidos productos del uso del Lechugin durante la tercera semana y Lodos Activados en la segunda y tercera semanas, respectivamente; para la Conductividad Eléctrica, el valor mayor de 7,42 ms/cm fue distinto de las demás determinaciones, y los menores de 6,87 y 6,81 ms/cm conseguidos por la efectividad del Lechugin y los Lodos Activados a la semana tercera (Gráfico 4.1).

En las U.E. con Bambú en la primera semana se registró la Alcalinidad más alta, de 611 mg/l distinta significativamente de las otras siendo las más bajas 498 y 501 mg/l obtenidas por los efectos del Lechugin y los Lodos Activados en la tercera semana; para el caso de los Cloruros el promedio más alto de 1552 mg/l, fue conseguido como consecuencia de la utilización de Bambú en la primera semana, que fue distinto de las demás cuantificaciones, y los valores de 999, 981 y 976 mg/l fueron para la efectividad del uso de los Lodos

Activados en la segunda semana , Lechugin en la tercera semana y los Lodos Activados en la tercera semana, respectivamente (Gráfico 4.2).

Para los Sólidos totales, el empleo del Bambú en la primera semana provocó 6410 mg/l que fue la determinación más alta y mayor divergente de las demás, y los valores más bajos de 2287, 2033 y 1252 mg/l se cuantificaron para la utilización del Lechugin en la semana tercera y los Lodos Activados en la segunda y tercera semanas, en su orden. La acidez (pH) inicial 8,81, fue el valor de mayor magnitud y opuesto a los restantes , obtenido con el uso del Bambú en la primera semana ; las determinaciones menores fueron conseguidas con la utilización de Lodos activados en la segunda semana y Lechugin y Lodos Activados en las terceras semanas , con 7,81- 7,85 y 7,60 ,respectivamente (Gráfico 4.3).

En cuanto a DBO el promedio mayor y diferente a los demás, fue 256mg/l logrado con el uso del Bambú durante la primera semana, en tanto que las medias más bajas de 96,84 y 67 mg/l fueron resultados del empleo de los Lodos Activados en la segunda semana, en tanto que las medias más bajas de 96,84 y 67 mg/l fueron resultados del empleo de los Lodos Activados en la segunda semana, Lechugin en la tercera semana y los Lodos Activados en la tercera semana, en su orden. Respecto al DQO, el empleo del Bambú en la primera semana provocó el valor más alto y distinto de los otros con 348 mg/l , la consecuencia de la utilización de los Lodos Activados prolongadamente en la tercera semana , permitió conseguir el promedio más bajo 158 mg/l (Gráfico 4.4).

4.4 Remoción de Contaminantes

La Tabla 13, contiene los niveles iniciales, finales y los porcentajes de la remoción de los porcentajes de los contaminantes del efluente de la ULEAM por efecto de los tratamientos probados.

Se puede apreciar que la Alcalinidad, Cloruros, DBO, DQO, Salinidad y Sólidos Totales evidentemente disminuyeron con el empleo del Bambú, Lechugin y Lodos Activados respecto a los niveles iniciales determinados. Ese decremento fue en mayor magnitud por el uso de los Lodos Activados, seguido por el empleo del Lechugin, y los niveles más bajos fueron obtenidos por el efecto del Bambú.

Los porcentajes de remoción, calculados, mostraron que para los parámetros indicados fueron de 19.13, 37.79, 76.70, 58.70, 44.72, 77.25 %, respectivamente, para el caso del efecto de los lodos activados; con el uso del Lechugin se removieron 18.64, 37.48, 70.78, 46.95, 36.98 y 64.38 % en su orden; y, para el efecto del Bambú 4.18, 7.01, 25.23, 21.70, 20.18 y 5.02%, correspondientemente.

Tabla 13 Porcentaje de remoción de contaminantes por efectos de los tratamientos

Parámetros	Niveles Iniciales	Niveles finales	% de Remoción
Bambú			
Alcalinidad (mg/l)	615,8	590	4,14%
Cloruros (mg/l)	1569	1459	6,690%
DBO (mg/l)	287,56	215	24,97%
DQO (mg/l)	392,08	307	21,47%
Salinidad (g/l)	5,3	4,23	20,18%
Sólidos T. (mg/l)	6816,87	6462	14,36%
Lechugin			
Alcalinidad (mg/l)	615,8	501	18,58%
Cloruros (mg/l)	1569	981	37,43%
DBO (mg/l)	287,56	84	70,72%
DQO (mg/l)	392,08	208	46,86%
Salinidad (g/l)	5,3	3,34	36,98%
Sólidos T. (mg/l)	6816,87	2428	67,80%
Lodos Act.			
Alcalinidad (mg/l)	615,8	498	19,12%
Cloruros (mg/l)	1569	976	37,77%
DBO (mg/l)	287,56	67	76,70%
DQO (mg/l)	392,08	158	59,53%
Salinidad (g/l)	5,3	2,93	44,71%
Sólidos T. (mg/l)	6816,87	1551	79,44%

4.5 Resultados de la prueba de fitotoxicidad

En la tabla 14 se muestran los resultados de la prueba de fitotoxicidad realizada con tres tipos distintos de agua con un mismo sustrato y un mismo peso de semillas para la germinación del frejol rojo en un tiempo de diez días , de acuerdo a *Goddenet al., (1987)* de los tres tratamientos de agua el más recomendable es el del testigo(Agua Pura) superando el 85% de germinación considerándose como una agua no toxica con un mayor crecimiento vegetativo 0,470 gr en cuanto a las aguas de los tratamientos de Fitorremediación con el Lechugin se alcanzó un 70% de germinación lo cual se considera al agua como moderadamente toxica casi permitida teniendo el segundo crecimiento vegetativo de los tres tratamientos con un peso neto de 0,275 gr y en cuanto al tratamiento del Bambú se dio un 38 % de germinación considerándose como muy toxica y un crecimiento vegetativo no significativo de 0,065 gr dando a conocer que el agua del tratamiento del Lechugin se lo tendría en cuenta para el riego de áreas verdes a diferencia del tratamiento del bambú que no serviría.

Tabla 14 Resultados de la prueba de fitotoxicidad

Variante	Peso Inicial (gr)	NF*	NFG**	%G***	Crecimiento vegetativo	Peso neto (gr)
Bambú	0,15	100	38	38%	0,215	0,065
Lechugin	0,15	100	70	70%	0,425	0,275
Testigo	0,15	100	86	86%	0,62	0,47

*Número de frejoles

**Número de frejoles Germinación

*** Porcentaje de Germinación

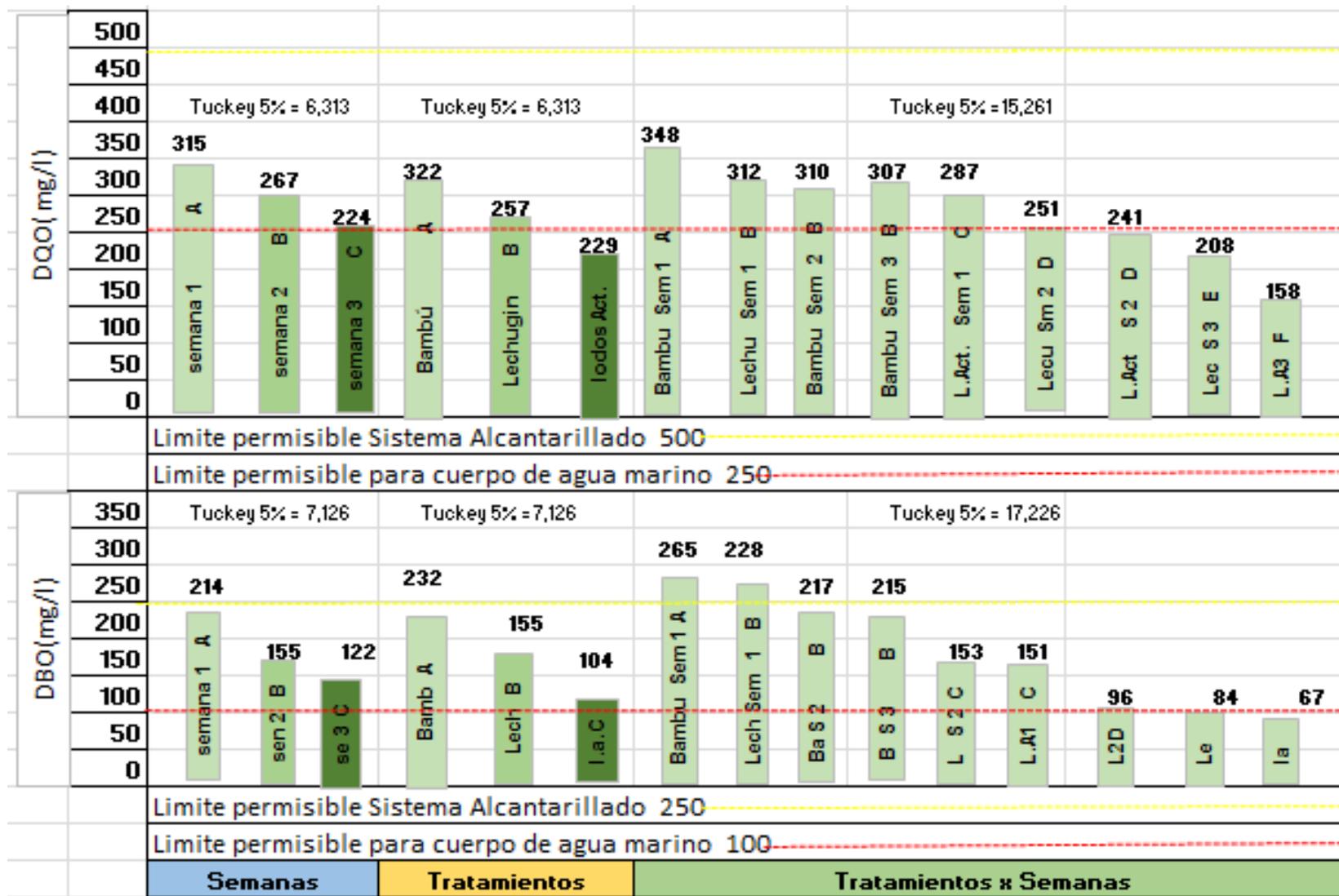


Gráfico 4-1 Representación de los parámetros de DBO y DQO según el análisis combinado de los datos del experimento

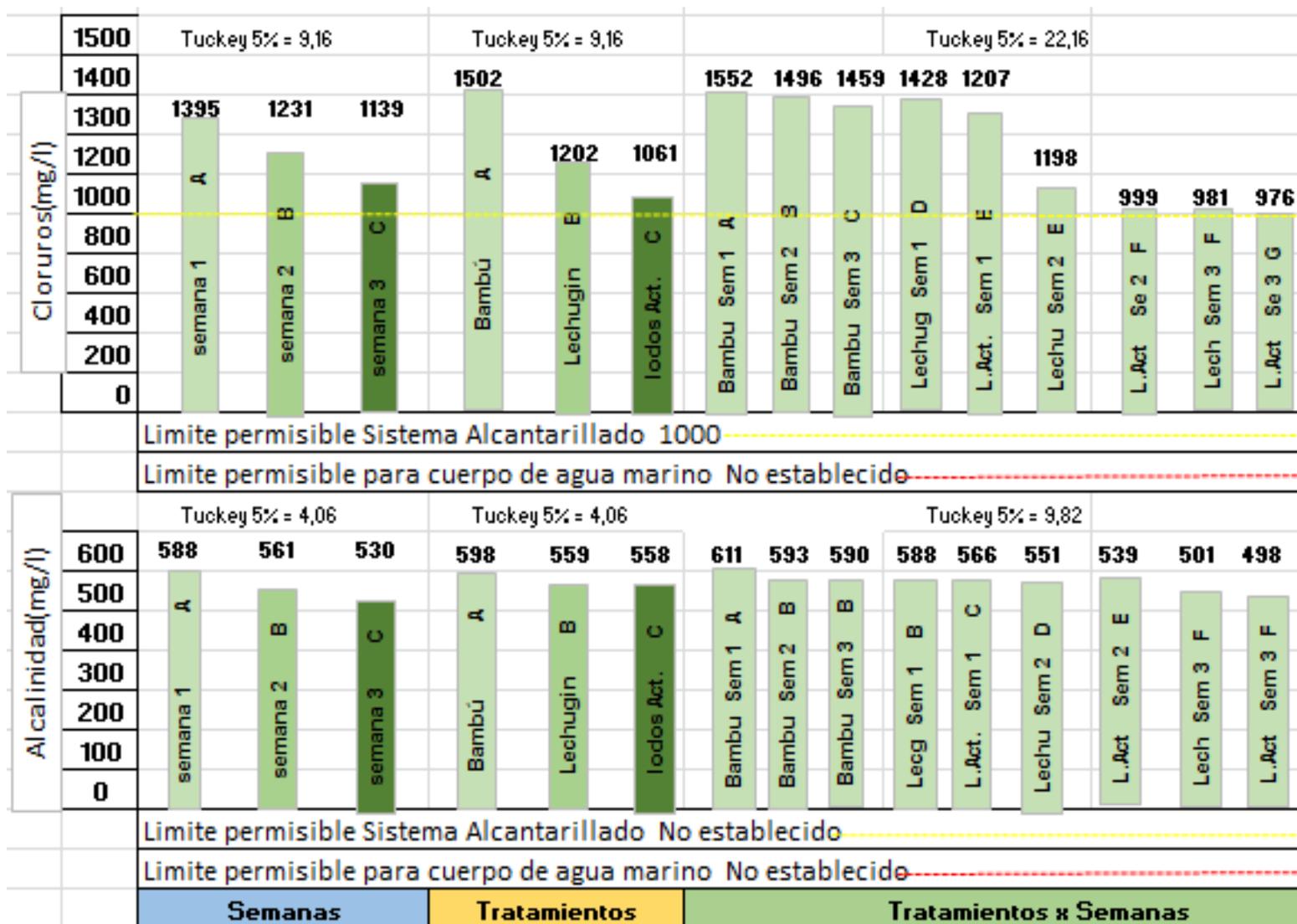


Gráfico 4-2 Representación de los parámetros de Cloruros y Alcalinidad según el análisis combinado de los datos del experimento

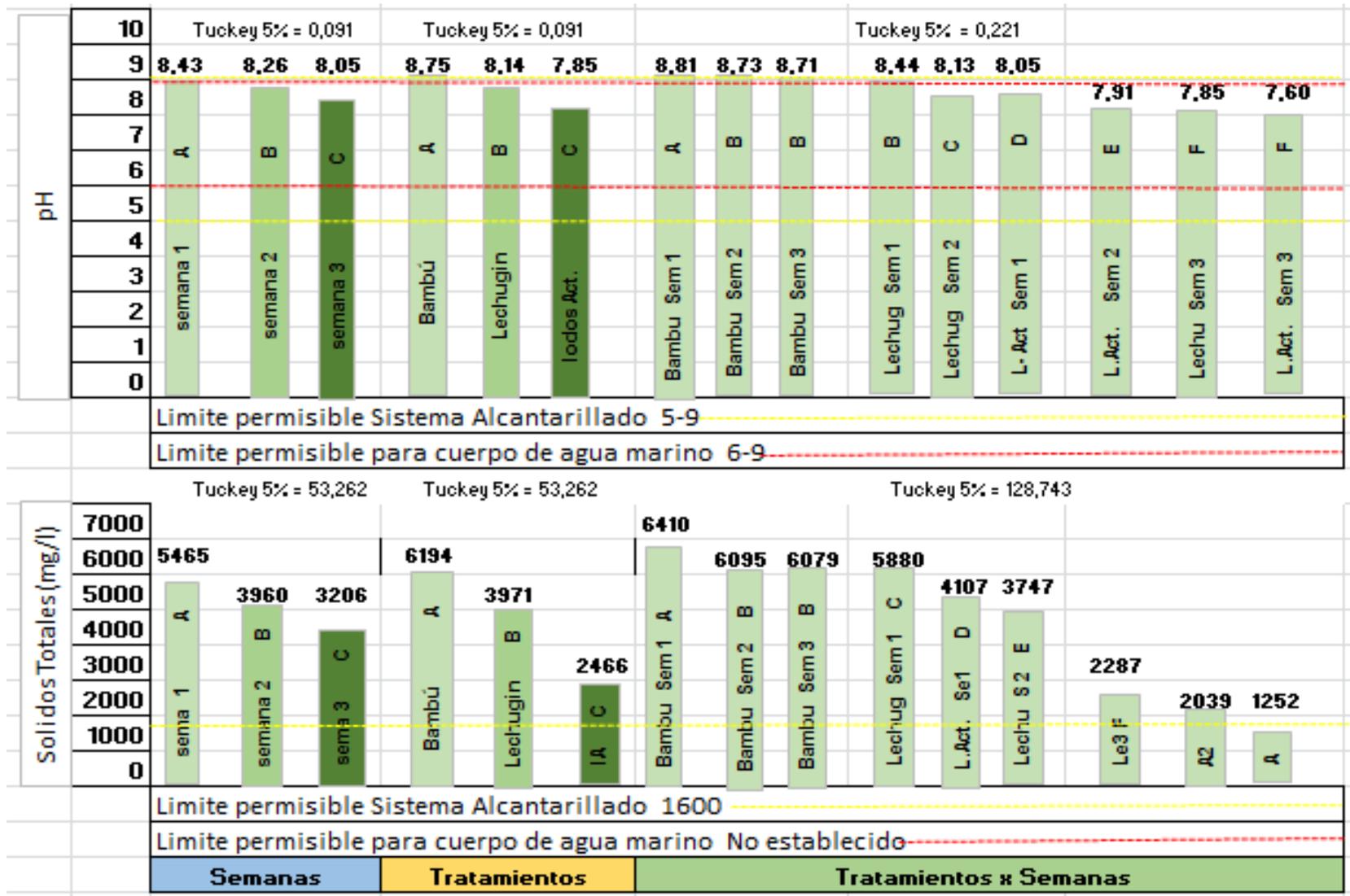


Gráfico 4-1 Representación de los parámetros de pH y Solidos Totales según el análisis combinado de los datos del experimento

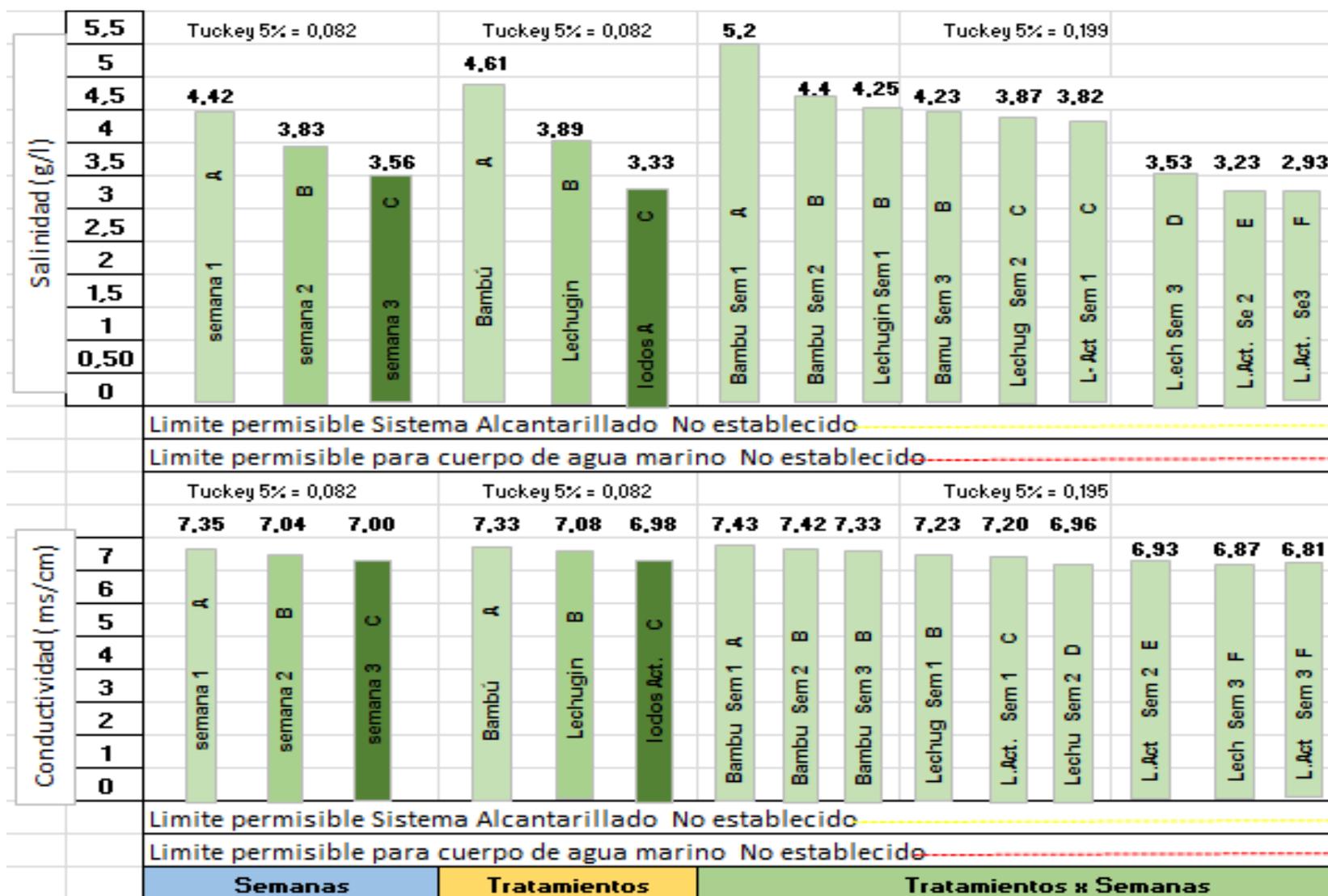


Gráfico 4-4 Representación de los parámetros de Salinidad y Conductividad eléctrica según el análisis combinado de los datos del experimento

CAPITULO V

5. DISCUSION

La Fitorremediación es una tecnología que utiliza plantas para transferir elementos contaminados a la parte aérea de la planta, se caracteriza por su conveniencia técnica y económica en comparación a las prácticas tradicionales de ingeniería civil. Los estudios iniciales en Fitorremediación se enfocaron a especies hiperacumuladoras tales como *Thlaspi caerulescens*, *Silene vulgaris*, *Brassica oleracea*, *Raphanus sativus*, *Thlaspi rotundifolium*, *Alyssum lesbiacum*, *Alyssum murale* y *Arabidopsis thaliana* que se desarrollan en áreas extremadamente contaminados y son capaces de acumular concentraciones elevadas de metales en la parte aérea (Garbisu y alkorta, 2001; Kärenlampi y col. 2000; Sarret y col. 2001). Sin embargo, una característica general de estas especies es su lento crecimiento y limitada producción de biomasa (Cunhingham y col. 1995; Lasat, 2002; Römken y col. 2002; Sarret y col. 2001), por esta razón, las investigaciones más recientes se enfocan a especies tolerantes a metales pesados y altas productoras de biomasa (Mejäre y Bülow, 2001).

Para determinar el comportamiento de las especies vegetales de Lechugin y Bambú implementadas en unidades experimentales en el jardín botánico de la ULEAM fue necesario evaluar el comportamiento de las especies durante 3 semanas un periodo de tiempo retención adecuado según (Kadlec et al., 2002, citado en Angarita, 2010) para bajar altos niveles de contaminantes.

Respecto a los niveles de contaminación iniciales del efluente de la ULEAM, estuvieron por arriba de los límites establecidos por el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA, 2015) para las aguas emitidas a un cuerpo de agua marina y sistema de alcantarillado.

Estos niveles disminuyeron de una forma considerable por efecto de los tratamientos bajo estudio respecto a la remoción de contaminantes, los menores porcentajes se presentaron en DBO, DQO, Salinidad y Sólidos Totales pero ese decremento fue más acentuado en el tratamiento Lechugin, lo cual coincide por lo encontrado por Fiallos (2010) respecto a la influencia de Lechugin en el tratamiento de aguas contaminadas en Ambato; y con lo determinado por Araujo (2016) en un trabajo de evaluación de la degradación de las aguas residuales en Riobamba; misma situación dada por Atehortua (2013) en un estudio donde *Eichhornia Crassipes* sirvió como adsorbente de plomo y cromo en aguas en Medellín; Jaramillo (2012) expone que la especie *Eichhornia Crassipes* actuó como un depurador de contaminantes para aguas residuales de actividad minera todas estas investigaciones se relacionan con resultados positivos ya que todas las investigaciones anteriormente nombradas tienen como tiempo de retención un periodo máximo de 4 semanas tiempo suficiente para eliminar contaminantes.

Por otro lado Alcívar (2015) en una investigación en Manta concluyó que los Lodos Activados propician remociones de contaminantes del orden del 80%. muy similares a lo encontrado en esta investigación; de igual manera Zambrano (2013) en un trabajo de análisis de aguas de la ciudad de Guayaquil coincide con lo reportado en este estudio; Martínez (2011) afirma que los Lodos Activados tuvieron una efectividad de un 90 %; Desarro (2012) concluye que el uso de Lodos Activados como tratamiento para agua residuales obtuvo una remoción del 76% investigaciones que cuentan con factores de mucha similitud como el clima una temperatura promedio desde los 27 a 33 grados centígrados y el agua de procedencia era doméstica dada en todas las investigaciones por lo cual se entiende que se obtuvieron resultados parecidos.

De los tratamientos en este estudio, el uso del Bambú generó las menores remociones de los contaminantes del efluente de la ULEAM, lo cual no coincide con la investigación realizada por Calle y Coello (2015) acerca del uso del Bambú

como tratamiento para aguas residuales que fue eficiente al reducir contaminantes como el Cadmio y Mercurio hasta un 65% y 70 % en tiempo de 20 días, por lo que el Bambú no demostró efectos depuradores al igual que lo que expuso González (2012) al revelar resultados positivos del uso del Bambú como especie depuradora; para Marín y Correa (2010) afirma que esta especie logro reducir los parámetros de DQO y DQO a un 90% y 80% ; Duchilea y Toledo (2014) da a conocer a la especie Totorá como un depurador de altos niveles de contaminantes, entendiendo que el Bambú en otras investigaciones aportó con valores positivos puesto a que la metodología utilizada en dichas investigaciones no comparte la misma idea que la dada en la ULEAM además que las Unidades experimentales todo el tiempo estuvieron expuestas al sol a diferencias de las otras investigaciones que sus unidades experimentales estaban en condiciones controladas.

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Con esta investigación se realizó una innovación biológica para la depuración de agua residuales provenientes del efluente interno de la ULEAM con dos distintas especies ***Eichhornia crassipes*** (Lechuguin de agua) y ***Dracaena sanderiana*** (Bambú) y un testigo como Lodos activados, tomando en cuenta los niveles permisibles del TULSMA (tabla 11), con esto se determinó que las aguas no cumplían con los valores permitidos aplicando el sistema de Fitorremediación se consiguió reducir los 8 parámetros por lo que se puede afirmar que la metodología utilizada fue positiva.

De acuerdo a la evaluación del funcionamiento del sistema de depuración implementado se puede concluir que la eficiencia de los vegetales fue positiva tomando en cuenta los resultados del monitoreo de las unidades experimentales durante 21 días tanto con ***Eichhornia crassipes*** (Lechuguin de agua) y ***Dracaena sanderiana*** (Bambú) se logró reducir la contaminación, en el caso del “Lechuguin” se logró mejores resultados tanto físicos como bioquímicos por lo que se puede afirmar que este vegetal posee mayor capacidad de depuración además de adaptarse fácilmente al medio.

De acuerdo a los procedimientos estadísticos empleados se pudo determinar, que existe diferencias altamente significativas en los tratamientos, obteniendo los valores más altos en el tratamiento del Bambú y una menor valoración en

los tratamientos del Lechugin y Lodos Activados siendo estos últimos los más eficientes.

6.2 Recomendaciones

De acuerdo a los resultados encontrados en la presente tesis de grado, sería recomendable:

Realizar una investigación empleando un estanque vegetal con la especie de “Lechugin” (con plantas bien establecidas) dando mantenimiento de limpieza cada cierto tiempo con la finalidad de evitar su excesivo crecimiento y aplicarlo como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domesticas de la universidad ya que en este se encontró un mayor eficiencia con un costo bajo.

Colocar una rejilla en la caja de ingreso de las aguas residuales en el efluente interno de la ULEAM con el fin de retener sólidos de gran tamaño colocar letreros dentro y fuera del jardín botánico para identificar como una unidad de tratamientos de aguas residuales.

Contar con los materiales y vestimenta adecuada al momento del ingreso al jardín botánico para evitar la transmisión de enfermedades sanitarias y de parte de los vectores del lugar.

Realizar otras investigaciones acerca de Fitorremediación en nuestra población pero con distintas especies vegetales para tratar de encontrar una mayor eficiencia de descontaminación.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) con el propósito de mejorar las características de agua del efluente interno de la ULEAM utilizando componentes biológicos alternativos. Dicho efluente, se encuentra ubicado en la parte Norte-Oeste de la Universidad del cantón Manta provenientes de aguas de uso doméstico. Estas aguas no cumplen con las características físico-químicas para ser descargadas al mar por lo que están contribuyendo a la contaminación del agua, suelo y aire. La mencionada innovación consistió en 6 Unidades experimentales separadas por dos especies vegetales y un testigo (Lodos activados), la primera ***Eichhornia crassipes*** (Lechugin de agua) y la segunda ***Dracaena sanderiana*** (Bambú), para conocer las características del agua se analizó: Alcalinidad, Cloruros, Conductividad Eléctrica, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Salinidad, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Totales, pH.

Mediante el análisis estadístico de varianza, los resultados mostraron que existió diferencia estadística significativa en la mayoría de los parámetros tales como DBO₅, DQO, sólidos disueltos totales, pH, alcalinidad, cloruros que constituyen parte importante de la carga contaminante. Los resultados de análisis se constataron con los límites máximos permisibles establecidos por la legislación ambiental vigente. Al examinar los resultados obtenidos en la investigación se pudo evidenciar el decremento de la concentración de los contaminantes especialmente en el caso de las unidades experimentales con el “Lechugin” puesto que el vegetal se adaptó al medio sin problema, no así en el caso de las unidades experimentales del “Bambú” que no tuvo un comportamiento estable debido al tipo y niveles de concentración de contaminantes. Se pudo concluir que el vegetal “Lechugin” es mucho más efectivo que el “Bambú” para la descontaminación de las aguas residuales que pasan por el efluente interno de la ULEAM y que constituye alternativas de interés en el caso del “Lechugin”

SUMMARY

This study was conducted at the Eloy Alfaro Lay University of Manabí (ULEAM) intended to improve the characteristics of domestic water effluent ULEAM using alternative biological components. Said effluent is located in the North-West University canton Manta waters from household part. These do not meet the physical-chemical characteristics being discharged into the sea so they are contributing to pollution. Said innovation was 6 experimental units separated by two plant species, the first *Eichhorniacrassipes* (water Lettuce) and the second *Dracaena sanderiana* (Bamboo) to know the characteristics of the water was analyzed: Alkalinity, Chloride, Conductivity Electric, Biological Demand Oxygen (BOD5), Chemical Oxygen Demand (COD), salinity, total dissolved solids, total solids, pH.

Through statistical analysis of variance, the results showed that there is statistically significant difference in most parameters such as BOD 5, COD, total dissolved solids, pH, alkalinity, chlorides which are an important part of the pollution load. The test results were observed with the limits set by current environmental legislation.

In examining the results of the research it was evident the decrease in the concentration of pollutants especially in the case of the experimental units with the "water lettuce" since the plant was adapted to the environment without problem, but not in the case of experimental units of "Bamboo" that had not been stable due to the type and concentration levels of pollutants. It was concluded that the vegetable "water lettuce" is much effective as the "Bamboo" for the decontamination of wastewater passing through the internal effluent ULEAM and constitutes internes alternatives in the case of "water lettuce".

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFÍA

1. Aduvire, O., Baretino, D. y López Pamo, E. 2002. Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: Estado actual y perspectivas de futuro. Boletín Geológico y Minero, 113(1), p. 9. Recuperado el 30 de diciembre de 2014, de: [http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/mina - pasivos.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/mina-pasivos.pdf)
2. Alcívar, A, 2015. Tratamiento biológico de aguas residuales de la universidad laica “Eloy Alfaro” de Manabí como alternativa para reducir su impacto ambiental en playas de la ciudad de manta. Tesis de maestría. Manta – Ecuador
3. Angarita Hernández, J. P. (2010, septiembre). Estimación del balance hídrico anual, en el humedal artificial del Tancat de la Pipa, con apoyo de modelos matemáticos de calidad de aguas; para contaminantes conservativos. Tesina de máster, Dpto. Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. (pp. 23 y 29)
4. Arroyave, M. P. 2004, febrero. La lenteja de agua Lemna Minor L.: Una planta acuática promisoría. Revista EIA: Escuela de Ingeniería de Antioquia Medellín, (1), pp. 34 y 35. Recuperado el 20 de noviembre de 2014, de: <http://revista.eia.edu.co/articulos1/3.pdf>
5. Aslam, J., Mujib, A. y Prasad Sharma, M. 2013, enero. In vitro micropropagation of Dracaena Sanderiana Sander ex Mast: An important

indoor ornamental plant. Saudi Journal of Biological Sciences, 20(1), p. 63. doi: 10.1016/j.sjbs.2012.11.005

6. Aquabase.org 2002. Plante: Eichhornia Crassipes. Recuperado el 22 de noviembre de 2014, de: [http://www.aquabase.org/plant/view.php3?id=136&desc= Eichhornia-Crassipes](http://www.aquabase.org/plant/view.php3?id=136&desc=Eichhornia-Crassipes).
7. Becerril J.M., Barrutia O., Hernández Allica J., García Plazaola J.I., Hernández A., Garbisu C. 2002. Fitorremediación y Fitorremediación: nuevas tecnologías biológicas para la eliminación de los contaminantes del suelo.
8. Bryan Arana, C.; Ramírez, O.; Ribera López, C.; Rodríguez, S. 1976. Conjunto tecnológico de prácticas para la producción de algunas Dracaenas. Estación Experimental Agrícola, (98), p. 10.
9. Camacho, J. V., Martín, N. y Sanz, J. M. s.f. Depuración de aguas residuales con humedales artificiales: Ventajas de los sistemas híbridos (pp. 3 y 4). 9° Congreso Nacional del Medio Ambiente. La Mancha, España.
10. Canter. 2005. CL. Manual de impacto ambiental. Características físicas, químicas y biológicas de calidad de aguas y sus fuentes. U.P.A. Chile. Pág. 236
11. Chaney, R.L., Malik, M., Li, Y.M., Brown, S.L., Brewer, E.P., Angle, J.S., Baker, A.J.M. 1997. Phytoremediation of soil metals. Curr. Opin. Biotechnol. 8: 279-284.

12. Chanlett ET. 1976. La protección del medio ambiente. Madrid. Instituto de Estudios de Administración Local. 601pp.
13. Crites, R. y Tchobanoglous, G. 2000. Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados (Tomo 2, p.588). Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill. ISBN: 958-4-0045-9
14. Cristobal, M. y Lacuesta, C. 2013. Eficiencia de tres Macrófitas en la remediación de las aguas del arroyo Miguelete (p. 8). Feria Nacional de Clubes de Ciencia. Montevideo, Uruguay.
15. Cumbre de Río. 1992. Agenda 21, Educación Ambiental. Cumbre de Río, Río de Janeiro.
16. Cunningham, S.D., Berti, W.R., Huang, J.W. 1995. Phytoremediation of contaminated soils and sediments. En: Bioremediation: Science and Applications eds. Skipper, H.D. y Turco, R.F., pp. 145-56, Soil Sci. Soc. Am., Madison.
17. Curt Fernández de la Mora, M. D. 2005. Macrófitas de interés en fitodepuración. En J. Fernández González (Coord.). Manual de fitodepuración: Filtros de macrófitas en flotación (pp. 102-104). Lorca, España: Ayuntamiento de Lorca.
18. EARTH, Guácimo, Diciembre 2006, C.R. Diseño de tecnologías para la descontaminación de aguas residuales en sistemas agropecuarios. Costa Rica.

19. Engler Heinrich, G. 2011. Bambú de la suerte. En Enciclopedia Cubana en la Red. Recuperado el 19 de noviembre de 2014, de: http://www.ecured.cu/index.php/Bamb%C3%BA_de_la_suerte
20. EPA, Environmental Protection Agency 1999. Method 1664, Revision A: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGTHEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. Washington, DC 20460.
21. EPA, Environmental Protection Agency 542-F-96-025. Guía del ciudadano: medidas fitocorrectivas [en línea]. Estado Unidos, 1996. Disponible en <http://www.epa.gov/swertio1/Download/remed/spanphyt.pdf>.
22. FAO. Food and Agriculture Organization. 2003. Rethinking the approach to groundwater and food security. Ciudad: Roma. Editorial: AGL Water Publication No.24.
23. Frers, C. 2008. El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. Observatorio Medioambiental, 11, pp. 303 y 305.
24. García Trujillo, Z. M. 2012. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
25. Gessner, T. P., Kadlec, R. H. y Reaves, R. P. (2005, noviembre). Wetland remediation of cyanide and hydrocarbons. *Ecological Engineering*, 25(4), pp. 458-459. doi: 10.1016/j.ecoleng.2005.07.015.

26. Geomorfología y Clima de Manta. 2012. MANTA 360, <http://www.manta360.com/verguia.php?id=112&gid=48>.
27. Goldden B, Mareschal M, Gigliotti G, Businelli G, Benett A 1987 Effects of manure compost on soil microbiological properties. 473-478.
28. González, B. 2001. Biorremediación. magazinebioplanet. University california .vol 33. Pág. 3-7
29. González J, 2007. DETERMINACIÓN DE VIBRIOS, SALMONELLA, SHIGUELLA Y E. COLI. Ecuador, pag. 74. Trabajo de Grado. P.U.C.E.
30. Google Earth. 2014. Ubicación de la ULEAM. Consultado 7 de Mayo 2014. Disponible en: http://www.google.es/intl/es_es/earth/download/gep/agree.html
31. Guadalupe Gómez, E. y Llagas Chafloque, W. A. 2006. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica Y Geográfica, 9(17), pp. 87-90.
32. Infoagro s.f. El cultivo de la Dracaena. Recuperado el 24 de noviembre de 2014, de: http://www.infoagro.com/flores/plantas_ornamentales/dracena.htm
33. INOCAR. 2015. Vientos-Manta-Ecuador. INOCAR- Meteorología, www.inocar-mil.ec

34. Julián Andrés Varila Quiroga, Fabio Eduardo Díaz López 2008. Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio. Revista de tecnología. Journal of Techonology. Volumen 7 N°2, Julio – Diciembre 2008. ISSN 1692- 1399. P.21-28.
35. Kenneth D & Day J. 1964. Agua: espejo de la ciencia. Buenos Aires. Colección Ciencia Joven. EUDEBA. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
36. Kiely, G. 2003 Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Veza, J. ed. Madrid, ES, Nomos. 1331p.
37. López-Martínez, Margarita e. Gallegos-Martínez², Laura j. Pérez Flores y Mariano Gutiérrez Rojas. 2002. mecanismos de Fitorremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas xenobióticas.
38. Margalef Ramón. 1984. Limnología. El agua y las sustancias que lleva en solución. Chile. Ediciones Omega.
39. Metzler, D y JAWWA C., 1958. Empleo por el hombre de los recursos de agua. Editorial Chanlett. Capítulo 3.
40. M.S.S.C. 1980. Tipología usos de agua. CA. US Government, s/f; Valls, p. 993.
41. Meuleman, A. F. M. y Verhoeven, J. T. A. (1999, enero). Wetlands for wastewater treatment: Opportunities and limitations.

Ecological Engineering, 12(1-2), p. 7. doi: 10.1016/S0925-8574(98)000500.

42. Morel, J.L., Cohn, F., Germon, J.C. Godin, P. & Juste, C. 1985. Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost. In *Composting of Agricultural and Other Wastes*. (J.K.R. Gasser, ed.), pp.56-72. Elsevier Applied Science; London, U.K.
43. OLGUÍN, E. and E. HERNÁNDEZ. 1998. Use of aquatic plants for recovery of nutrients and heavy metals from wastewater. Institute of Ecology, Environmental Biotechnology. Vancouver.
44. PEÑA, C. Toxicología ambiental: evaluación de riesgos y restauración ambiental [en línea]. Estados Unidos, 1996-2001. Disponible en: <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/c4-3-1-1.html> [Last update: 7 Jun 2001]
45. Romero, J. A. 1999. Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño (3ra Ed., pp. 18, 37, 68, 260, 267, 268, 896-898). Colombia: Nuevas Ediciones Ltda. ISBN: 958-8060-13-3
46. Salt, D.E., Smith, R.D., Raskin, I .1998. Phytoremediation. *Annual Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49: 643-68.

47. Standard Methods 1995 Standard Methods for the Examination of water and waste water (1995) 19th ed., American public Health Association, Washington, DC
48. SERRANO V, 1988. Economía y Ecología. Quito. Editorial Cordes.
49. Silva, M. Manual prácticas de análisis de agua ,4ta edición. Brasilia, 2013, http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/manualaguaespanholweb_2.pdf
50. Tarancón F, 2002. ES. Microbiología de la depuración mediante fangos activados. Valencia. EGEVASA.
51. Tay, J.H; Show, K. Y. y Hung, Y. T. 2006. Seafood processing wastewater Treatment. Chapter 2. Taylor & Francis Group LLC. PP.29-66
52. TULSMA. 2015. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluente: Recurso agua libro VI del texto unificado de legislación ambiental secundario del ministerio de ambiental (TULSMA).
53. ULEAM. 2012. Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí. Matriculados 2013. Consultado 10 de Abril 2014. Disponible en: <http://www.uleam-secretaria.com>
54. Varnero, M.M; Rojas, A.C y Orellana, R.R. 2006. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. R.C. Suelo Nutr. Veg., 2007, vol.7, no.1, p.28

ANEXOS



Gráfico 0-3 Descarga del efluente interno de la ULEAM.

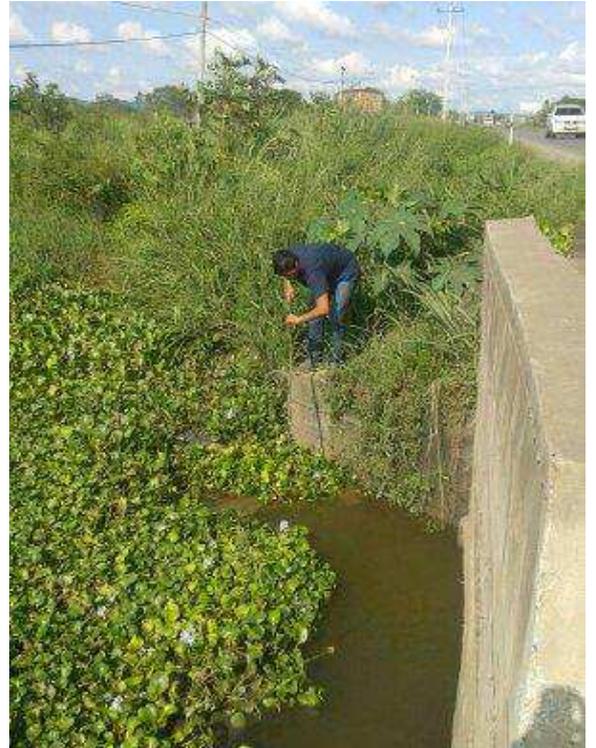


Gráfico 0-4 Recolección de la especie Lechugin *Eichhornia Crassipes* en el cantón Rocafuerte.



Gráfico 0-2 Obtención de la especie de Bambú Ornamental *Dracaena Sanderiana* en el mercado de Tarqui de la Ciudad de Manta.



Gráfico 0-1 Unidades Experimentales con su respectivo plástico para evitar la filtración del agua residual.

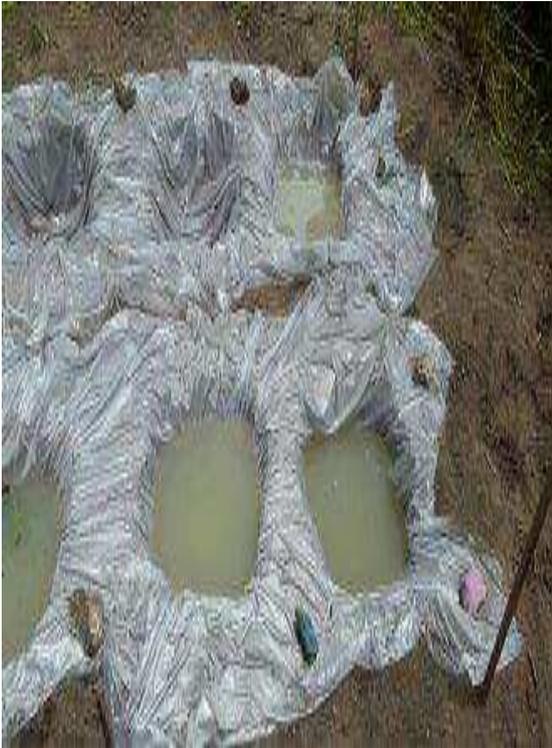


Gráfico 0-8 Colocación del agua residual inicial en las Unidades Experimentales



Gráfico 0-7 Obtención de los lodos del efluente en la ULEAM



Gráfico 0-6 Unidades Experimentales con su respectivo tratamiento.



Gráfico 0-5 Caracterización del efluente inicial.



Gráfico 0-10 Recolección de las Muestras en el tratamiento del Lechugin *Eichhornia Crassipes*.



Gráfico 0-9 Muestras finales del tratamiento con la especie de Lechugin *Eichhornia Crassipes*.



Gráfico 0-11 Materiales como la bomba de aire y Erlenmeyer para la activación de los lodos.



Gráfico 0-12 Muestras finales del tratamiento con la especie de Bambú Ornamental *Dracaena Sanderiana*.



Gráfico 0-14 Análisis del parámetro DBO en el Laboratorio de la Facultad.



Gráfico 0-13 Muestra final del tratamiento final con Lodos Activados.



Gráfico 0-15 Análisis de las muestras en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.



Gráfico 0-16 Prueba de Fitotoxicidad 50 vasos para cada tratamiento 2 semillas por cada vaso con un mismo sustrato.